

RESUMEN

Título: Necesidades de la escuela de Ingeniería Civil de la UPC y propuesta de configuración requerida para el futuro.

Autor: José Luis Zornoza Gómez

Tutor: Alejandro Josa García-Tornel

Palabras clave: Ingeniería Civil en Barcelona, Escuela, Falta de Espacio, Producción Científica, Ampliación de Instalaciones,

Esta Tesina tiene como objeto recopilar los datos necesarios para analizar el papel que desempeña la Ingeniería Civil en la sociedad así como la actividad que se desarrolla en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (E.T.S.I.C.C.P.B.), justificando y proponiendo una solución a su falta de espacio actual.

Se ha elaborado un documento que recoge explicaciones y datos suficientes con el objetivo de demostrar la necesidad de una mayor inversión en la infraestructura de la Escuela para la formación e investigación en Ingeniería Civil, siendo en la actualidad insuficientes y en desacorde con la demanda y necesidades sociales.

El trabajo desarrollado consiste fundamentalmente en las tres siguientes tareas:

Localización del papel de la Ingeniería Civil, tanto a nivel histórico como en la actualidad, dentro del marco social y de desarrollo, según criterios de necesidad.

Análisis de la situación actual i consulta del historial administrativo de la ETSICCPB que ha dado lugar a la conclusión base del estudio, y es que debe invertirse en una mayor eficiencia de los actuales servicios para que estos respondan a las necesidades, presentes y futuras, garantizando la correcta funcionalidad de la Escuela y respondiendo de la mejor manera posible a las expectativas que se tiene de ella.

Propuesta de nuevos espacios en base a la estimación de necesidades de un nuevo (o actualizado) campus de Ingeniería Civil que disponga de todas las instalaciones adecuadas y dimensionadas acorde a producción científica.

Como consecuencia del trabajo desarrollado se ha podido avanzar en el conocimiento global de la ciencia de la Ingeniería Civil, entendida como herramienta de desarrollo social, y de su escuela de formación e investigación en Barcelona (ETSICCPB). La primera conclusión obvia resultante es que el estado actual de la Escuela se manifiesta insuficiente y en desacorde, tanto en base al crecimiento de los recursos y producción de la Escuela, como según criterios de actualización y adaptabilidad a las necesidades sociales y de desarrollo. El presente informe propone un estudio posterior mayormente detallado, recopilando las problemáticas singulares de cada departamento y entorno, y la necesidad de una mayor inversión que solvete dicha problemática.

En particular, los espacios actuales parecen ser insuficientes para el buen desarrollo de la docencia y producción científica. Se recomienda, según criterios de necesidad, la posibilidad de ampliar los espacios actuales, adecuándolos a las tareas docentes y de investigación apropiadas de la Escuela. El trabajo realizado sugiere también la posibilidad de considerar un nuevo emplazamiento de la ETSICCPB. Mediante el uso factores de crecimiento, que en la mayoría de casos han sido proporcionados por los responsables de los departamentos propuestos para cada tipo de espacio, se estiman los valores aproximados de las superficies necesarias a disponer en la Escuela. En resumen, la Ingeniería Civil ha sido y será un factor determinante para el desarrollo de la humanidad y, como ya se ha precisado, el presente documento justifica la necesidad acuciante de un aumento de espacios o la completa estructuración de un nuevo emplazamiento para la formación y enseñanza de la Ingeniería Civil en Barcelona.

ABSTRACT

Title: needs of the school of civil engineering at the UPC and required configuration proposed for the future.

Author: José Luis Zornoza Gómez

Advisor: Alejandro Josa García-Tornel

Key Words: Civil Engineering in Barcelona, School, Lack of Space, Scientific Production, Expansion of Facilities.

This Thesis aims to collect the data necessary to analyze the role of civil engineering at the society and the activity that takes place in the School of Civil Engineers of Barcelona (ETSICCPB), justifying and proposing a solution to their lack of current space.

It has prepared a document containing explanations and sufficient data in order to demonstrate the need for greater investment in the infrastructure of the School for training and research in civil engineering, it is currently insufficient and in discord with the demands and needs social.

The work consists primarily of the following three tasks:

Location of the role of Civil Engineering, both historically and currently, within the social and developmental basis of need.

Current Situation Analysis and query ETSICCPB Administrative history that has led to the conclusion of the study base, and is to be invested in increased efficiency of existing services to meet these needs, present and future, ensuring the correct functionality of the school and responding as best as possible to the expectations we have of it.

Proposed new spaces based on the estimated needs of a new (or updated) Civil Engineering campus to have all the appropriate facilities and sized according to scientific production.

As a result of work carried out has made progress in the global knowledge of the science of Civil Engineering, understood as a tool for social development, and school training and research in Barcelona (ETSICCPB). The first obvious conclusion is that the resulting state of the school appears inadequate and discord, both based on the growth and production resources of the School, as according to updated criteria and adaptability to social and development needs. This report proposes further study details, collecting the unique problems of each department and environment and the need for greater investment solvent this problem.

In particular, the current areas appear to be insufficient for the proper development of teaching and scientific production. It is recommended, according to criteria of need, the possibility of extending the current space, adapting to the teaching and research duties appropriate to the school. The work also suggests the possibility of considering a new location of the ETSICCPB. Using growth factors, which in most cases have been provided by the heads of department proposed for each type of space, we estimate the approximate values of the space needed to have at school. In summary, the Civil Engineering has been and will be a decisive factor for the development of humanity and, as already stated, this paper justifies the urgent need for increased space or the complete structure of a new site for training and teaching of Civil Engineering in Barcelona.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a todos los que desde sus posibilidades, me han brindado su apoyo para culminar tan laborioso trabajo y en especial a Iván Puig por su ingente labor de colaboración.

Personalmente quiero felicitar a mi tutor Alejandro Josa por la magnífica labor docente que ha mantenido y decir que su conducta hasta el momento refleja su reputación tanto en este trabajo, como en cualquiera de las disciplinas en las que he tenido la oportunidad de participar como alumno o colaborador.

También quiero recordar y agradecer a mis padres, a mi hermano y a mi pareja Ana por su paciencia y ayuda en los momentos difíciles.

INDICE GENERAL

1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. RESUMEN DEL CONTENIDO.....	2
2. IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA CIVIL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL PAIS.	5
2.1. ¿QUÉ ES LA INGENIERÍA CIVIL?	5
2.2. ETIMOLOGÍA Y ORIGEN HISTÓRICO.	5
2.3. EL INGENIERO CIVIL.....	7
2.4. ÁREAS DE CONOCIMIENTO Y CAMPOS DE APLICACIÓN.	8
2.5. INVESTIGACIÓN. DESARROLLO. INNOVACIÓN.	10
2.6. NECESIDAD DE INGENIERÍA CIVIL.	11
2.7. INGENIERÍA CIVIL Y SOSTENIBILIDAD. IMPLICACIONES.....	12
2.8. INGENIERÍA CIVIL EN CATALUÑA.	20
2.8.1. <i>Algunos datos representativos.</i>	20
2.8.2. <i>Planes de infraestructuras previstos y vigentes.</i>	22
3. LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL EN CATALUÑA.....	27
3.1. HISTORIA DE LA ETSICCPB.....	27
3.2. DATOS GENERALES DE LA ESCUELA.....	28
3.3. ESTRUCTURA ACTUAL DE LA ETSICCPB.	29
3.3.1. <i>Titulaciones, departamentos y laboratorios.</i>	29
3.3.2. <i>Estudiantes de la ETSICCPB.</i>	33
3.4. ESTRUCTURA PREVISTA DE LA ETSICCPB EN EL ESPACIO EUROPEO DE EDUCACIÓN SUPERIOR (EEES).	35
3.5. SISTEMA DE GARANTÍA INTERNA DE CALIDAD (SGIC).....	37
4. ACTIVIDAD EN LA ETSICCPB. ALGUNOS INDICADORES.	39
4.1. FORMACIÓN Y DOCENCIA	39
4.1.1. <i>Estudios de Grado, Máster y Doctorado.</i>	39
4.1.2. <i>Personal Docente e Investigador y Personal de Administración y Servicios (PDI y PAS).</i>	51
4.1.3. <i>Otros indicativos en la docencia.</i>	54
4.1.3.1. Programas de movilidad.	54
4.1.3.2. Convenios de cooperación educativa.....	59
4.1.3.3. Cátedras y otras modalidades de cooperación Escuela-Empresa.	59
4.2. INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN CIENTÍFICA.	62
4.2.1. <i>Actividades desarrolladas en los departamentos.</i>	62
4.2.1.1. Actividades personales.	62
4.2.1.2. Investigación y transferencia de tecnología. Datos económicos.	67
4.2.1.3. Proyectos firmados.....	70
4.2.2. <i>Grupos de Investigación de la ETSICCPB.</i>	73
4.2.3. <i>La ETSICCPB en la UE.</i>	74
4.3. INNOVACIÓN.	78
4.4. OBRAS DE ADAPTACIÓN EN EL CAMPUS NORD.	79

5. ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES 81

5.1. DESGLOSE GENERAL: PERSONAL, EDIFICACIONES Y SERVICIOS TIPO. 81

5.2. ESPACIOS DEL CAMPUS ACTUAL. 82

5.3. ESTIMACIÓN DE NUEVOS ESPACIOS. 92

5.4. POSIBLE DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS..... 100

6. CONCLUSIONES.....105

7. REFERENCIAS107

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la población mundial entre 1945 y 1991, y previsión hasta 2050	14
Figura 2. Ampliación de puertos existentes. Nuevos amarres deportivos	23
Figura 3. Plano general del Campus Nord. Identificación de la ETSICCPB.	28
Figura 4. Nº de alumnos de la ETSICCPB en el curso 2008-2009 según titulaciones de 1º y 2º ciclo.	33
Figura 5. Comparativa alumnos ETSICCPB entre los cursos 1990 y 2008 para ver el incremento.	34
Figura 6. Número de alumnos de la ETSICCPB en el curso 2008-2009 según titulación de Máster.	34
Figura 7. Número de alumnos de la ETSICCPB en el curso 2007-2008 según titulación de Doctor.	35
Figura 8. Titulaciones dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)	37
Figura 9. Evolución de la demanda de alumnos de primer curso ETSICCPB.	40
Figura 10. Evolución de los alumnos matriculados en 1º curso ETSICCPB.....	41
Figura 11. Evolución del número total de alumnos matriculados en la ETSICCPB.	42
Figura 12. Evolución de la demanda y alumnos matriculados de primer curso de ICCP.....	43
Figura 13. Evolución de la demanda y alumnos matriculados de primer curso de IG.	43
Figura 14. Evolución de la demanda y alumnos matriculados de primer curso de ITOP.....	44
Figura 15. Evolución de la demanda y alumnos matriculados de primer curso en la ETSICCPB.	44
Figura 16. Evolución del número total de alumnos titulados en la ETSICCPB.	45
Figura 17. Evolución de alumnos que no superan la fase selectiva.....	46
Figura 18. Evolución de la media de permanencia para obtener la titulación.	47
Figura 19. Evolución de alumnos de Master en la ETSICCPB.	49
Figura 20. Evolución del PDI en la ETSICCPB.....	52
Figura 21. Evolución de la relación núm. estudiantes/PDI en la ETSICCPB.	53
Figura 22. Evolución del PAS en la ETSICCPB.	54
Figura 23. Evolución del total de TESIS leídas en la ETSICCPB.	64
Figura 24. Evolución del total de actividades en la ETSICCPB.	65
Figura 25. Evolución de las publicaciones realizadas en la ETSICCPB.	67
Figura 26. Evolución de ingresos gestionados por el CTT en distintos programas en la ETSICCPB.	70
Figura 27. Evolución de los proyectos firmados en la ETSICCPB.	72
Figura 28. Evolución del importe de los proyectos firmados en la ETSICCPB.....	72
Figura 29. Contribución en tanto por mil de las ciudades europeas con universidades politécnicas de reconocido prestigio en las publicaciones en revistas de excelencia.....	75
Figura 30. Contribución en tanto por mil de las universidades politécnicas más prestigiosas a las revistas de excelencia en el área de Ingeniería Civil y de la construcción.	76
Figura 31. Plano general del Campus Nord.....	83
Figura 32. Distribución de espacios para un nuevo campus de Ingeniería Civil para 69.000m ² totales. .	101
Figura 33. Distribución de espacios para un nuevo campus de Ingeniería Civil para 40.000m ² totales. .	102
Figura 34. Ampliación de las instalaciones bajo el aparcamiento actual paralelo a la C/Sor Eulalia d' Anzizu	103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Laboratorios y espacios para la investigación de la ETSICCPB.	32
Tabla 2. Resumen de datos indicativos de la ETSICCPB (2007-2008).	39
Tabla 3. Análisis de la duración de los estudios según titulación.	45
Tabla 4. Cursos de Máster universitario ofrecidos por la ETSICCPB.	48
Tabla 5. Cursos de Máster <i>Erasmus Mundus</i> ofrecidos por la ETSICCPB.	48
Tabla 6. Programas de Doctorado por departamento en la ETSICCPB (2008-2009).	51
Tabla 7. Relación de Universidades con las que la ETSICCPB mantiene acuerdos de intercambio.	57
Tabla 8. Programas de movilidad realizados en la ETSICCPB durante 2007-2008 y 2008-2009.	58
Tabla 9. N° convenios de cooperación firmados en: [2001-2002], [2007-2008] y [2008-2009].	59
Tabla 10. Evolución de actividades por departamentos.	63
Tabla 11. Evolución del total de TESIS leídas en la ETSICCPB por departamento.	64
Tabla 12. Evolución de las publicaciones por departamentos de la ETSICCPB.	66
Tabla 13. Evolución de ingresos gestionados por el CTT en los departamentos.	69
Tabla 14. Evolución de los proyectos firmados por departamento.	71
Tabla 15. Comparativa de superficie del Campus Nord entre 2001 y 2009.	79
Tabla 16. Tabla del tipo y número de personas vinculado a la ETSICCPB.	82
Tabla 17. Superficies de la ETSICCPB según edificaciones.	84
Tabla 18. Superficies de la ETSICCPB según entornos.	86
Tabla 19. Superficies de la ETSICCPB según tipo de espacios y entorno.	88
Tabla 20. Superficies de la ETSICCPB según edificaciones y tipo de espacios.	90
Tabla 21. Tabla de relaciones según tipo de espacio y usuario de la ETSICCPB.	91
Tabla 22. Superficie actual y futura en la ETSICCPB.	94
Tabla 23. Resumen de factores de crecimiento por departamentos.	96
Tabla 24. Superficie total para el nuevo campus de Ingeniería Civil.	97
Tabla 25. Superficie total para el aparcamiento en el nuevo campus de Ingeniería Civil.	97
Tabla 26. Superficie de concesiones externas del campus norte.	98
Tabla 27. Resumen general de los espacios, actuales y previstos, de la ETSICCPB.	99

1.INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes.

La Dirección de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (ETSICCPB) planteó elaborar un documento que recogiera explicaciones y datos objetivos suficientes para justificar la necesidad de una mayor inversión en la infraestructura de la Escuela para la formación e investigación en Ingeniería Civil, siendo en la actualidad insuficientes y en desacorde con la demanda y necesidades sociales.

Tanto la recogida de datos, basada en fuentes de gestión de la propia Escuela así como otra documentación en base a artículos, conferencias y bibliografía muy variada, como un primer esbozo de redacción, fue encargado a Ivan Puig y Jose Luis Zornoza (ingenieros y becarios de soporte a la docencia en el departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica de la ETSICCPB) con la coordinación de Alejandro Josa (profesor de la ETSICCPB). Este trabajo desde un inicio fue realizado en paralelo como tesina de Jose Luis Zornoza para la titulación de ICCP, que se encargó de la versión final del documento.

Las tareas llevadas a cabo en la elaboración de la tesina han sido básicamente las tres siguientes:

- Localización del papel de la Ingeniería Civil, tanto a nivel histórico como en la actualidad, dentro del marco social y de desarrollo, según criterios de necesidad.
- Rastreo de datos administrativos de la enseñanza en Ingeniería Civil en Cataluña, mostrando un crecimiento sustancial que refleja la necesidad de una ampliación de espacios de la actual Escuela.
- Propuesta de nuevos espacios en base a la estimación de necesidades de un nuevo (o actualizado) campus de Ingeniería Civil.

Este trabajo, que recoge los resultados de las tres tareas mencionadas, pretende informar objetivamente de la situación actual y sobre la necesidad de ampliación, o en última instancia, la

necesidad de un nuevo campus universitario, más adecuado para la actual y futura formación de ingenieros civiles.

La fuerte carga experimental y la gran componente teórica que tiene la Ingeniería Civil, así como la gran importancia que representa la investigación, desarrollo e innovación en esta disciplina, hace imprescindible que se disponga de la infraestructura adecuada para la búsqueda de soluciones a los nuevos problemas que se plantean.

Cada vez más la seguridad, la calidad, el medio ambiente y la sostenibilidad, se hacen hueco en esta área que hasta hace unos cuantos años muy pocos tenían en consideración. Es evidente que no todo está desarrollado y que se precisa de nuevas líneas de investigación que den solución a estos y otros problemas.

1.2. Resumen del contenido.

Primeramente se ubica la Ingeniería Civil y su papel fundamental en el desarrollo mediante la recopilación de ciertos datos históricos (origen, funciones, etc.) y la descripción de conceptos esenciales (definición, áreas de conocimiento y campos de aplicación). Se entra en detalle en aspectos clave de esta disciplina como puede ser la gran complejidad de sus obras (materiales y procesos sofisticados, obras singulares, etc.), la trascendencia de los resultados (riesgos de fallo no aceptables), y la fuerte componente experimental.

Seguidamente se expone la significativa relevancia de la Ingeniería Civil para el desarrollo mediante datos macroeconómicos sobre su importancia en la actividad económica, ejemplos varios en la materialización de infraestructuras para el desarrollo de un país (y en que, dicho desarrollo, sea realmente sostenible), en la protección del territorio y el progreso personal.

Posteriormente se enfoca la información anterior dentro del marco específico de Cataluña. Se expone una breve historia y algunos datos concretos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (número de estudiantes, personal docente,...) concluyendo en la necesidad de Ingenieros Civiles (con algunos ejemplos respecto a futuros planes de infraestructura ya previstos) y, en consecuencia, también en la necesidad de su buena formación. A continuación se hace especial referencia al crecimiento y evolución de los

indicadores más significativos (recursos y producción). De ahí se deduce el fuerte desequilibrio entre la producción y necesidades y los recursos disponibles (sobre todo los espacios), derivando la necesidad en ampliar las infraestructuras actuales o en crear un nuevo campus específico acorde donde se puedan desarrollar todas las actividades requeridas.

Seguidamente, a través del análisis de los espacios actuales (con un desglose según edificaciones, entornos concretos y tipo de servicio), se estima los espacios requeridos con los indicadores relativos correspondientes en comparación con la situación actual. Se proyectan dos posibles soluciones al problema; por un lado, se opta por ampliar las instalaciones del actual campus edificando un edificio subterráneo de 5 plantas bajo el actual aparcamiento en superficie paralelo a la C/ Sor Eulàlia d'Anzizu y por otro lado se opta por la construcción de un nuevo campus en un solar ideal sin restricciones de contorno. Para la alternativa de ampliar las instalaciones actuales, se ha desarrollado un proyecto constructivo que recoge toda la documentación necesaria (memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto) a fin de poder ejecutar la obra. Dicho proyecto ha sido realizado también por el mismo autor de esta tesina, José Luis Zornoza, a modo de proyecto fin de carrera de la titulación de Ingeniería de Caminos, también bajo la supervisión de Alejandro Josa actuando como tutor.

Finalmente se presentan las conclusiones generales del trabajo realizado y de los resultados obtenidos. También se adjuntan las referencias bibliográficas de donde se han extraído los diferentes datos interpretados a lo largo de la tesina, necesarios para el desarrollo de la misma, así como algunos anexos complementarios a la información expuesta.

2. IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA CIVIL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL PAÍS.

Actualmente el balance global que se tiene de la Ingeniería Civil desde el punto de vista social es altamente positivo. Sus contribuciones en cualquiera de las disciplinas que abarca mejoran la calidad de vida global de la sociedad. No se puede obviar que, en la toma de decisiones, siempre debe tenerse en consideración todos los aspectos aunque ello implique valores negativos; y es justamente aquí donde la aportación de los ingenieros civiles se hace más relevante, dando las soluciones óptimas y sostenibles. Debe destacarse el importante valor humano que tiene este tipo de conocimientos y aplicaciones tecnológicas de la Ingeniería Civil en cuanto al desarrollo de la civilización se refiere.

2.1. ¿Qué es la Ingeniería Civil?

La Ingeniería Civil, al igual que otras ingenierías, se fundamenta en una sólida base científica para la elaboración de teorías y técnicas de uso específico. La Ingeniería Civil es una rama de la ingeniería que aplica conocimientos especializados de matemáticas, física, química, geología, etc. en la construcción de infraestructuras de muy diversas tipologías y funciones, generalmente de grandes dimensiones y para uso público, teniendo una indudable aportación en el desarrollo de la sociedad. Su contribución suele ser en base a resolver u optimizar problemas puramente civiles mediante la proyección y construcción de una infraestructura adecuada y conveniente en cada caso. La Ingeniería Civil es por tanto la ingeniería de la civilización, entendida como un grado superior de desarrollo, que abarca mucho más que la mera infraestructura.

2.2. Etimología y origen histórico.

El término ingenio procede del latino *ingenium* y ha tenido muy diversas interpretaciones semánticas a lo largo de la historia. Mientras que en el latín clásico se empleaba para representar tanto el temperamento de un individuo como las cualidades del espíritu (en contraposición a las del cuerpo), fue a partir de los humanistas de la Edad Moderna donde el “ingenium” adopta un sentido más de diversidad de espíritus, incluso de superioridad de algunos de ellos. Podemos decir que el “ingenium” va más allá de la mera comprensión de las cosas; comprende una facultad (y capacidad) creadora de ciertos individuos y naciones.

El “ingenio” actualmente entendido se puede definir como la “facultad del hombre para discurrir o inventar con prontitud y facilidad”, que comprende un cierta “industria, maña y artificio para conseguir lo que se desea” (RAE, 2010), y que incluye todas las áreas en las que se utilizan técnicas para aplicar el método científico, en base a la aparición de necesidades determinadas. Teniendo en cuenta esta definición de la real academia española, la ingeniería podría decirse que se origina con la manufacturación de artículos para la vida cotidiana, con lo que tiene una implicación directa en la *cultura humana*, tanto a nivel general como de poblaciones concretas. Parece que su primer desarrollo significativo tuvo lugar en la elaboración de un sistema agrícola competente en el sedentarismo de las tribus (hacia el año 8000 a.C.). Sobre el año 4000 a.C. se considera el inicio de la *civilización* como tal, con origen en el uso de la escritura y las formas de gobierno. Durante la Edad Media se empezaron a usar los términos “ingenio” e “ingeniero” para definir la maquinaria bélica y a sus constructores.

Hasta épocas relativamente recientes, fue bajo el término de “arquitectura” (del latín *architectura* y de los anteriores griegos *arch* y *tekton* para “arquitecto”, que se traduciría como “el que dirige (arch) al constructor (tekton)”) donde se englobaba los conocimientos estructurales, geológicos, hidráulicos, etc. necesarios para la construcción de obras civiles, militares y de máquinas. Fue a partir del Renacimiento cuando, debido a nuevas demandas sociales y la necesidad de construir nuevas y más grandes infraestructuras, se precisó la especialización de las distintas ramas de este tipo de conocimientos, distinguiendo claramente entre lo que sería más bien el diseño y estética de construcción separado de la estructura.

La Ingeniería Civil más contemporánea tiene su origen entre los siglos XIX (incluso antes) y XX como consecuencia de los importantes cambios ocurridos en la industria, que exigía una gran cantidad de nuevas construcciones, y con el desarrollo de modelos matemáticos de cálculo debidos a Coulomb, Navier, Castigliano y Mohr entre otros, que permitieron un diseño mucho más eficiente de las obras civiles.

En nuestro país, y debido a la idea de querer organizar el mantenimiento de los caminos existentes, se creó un cuerpo técnico, propiedad del estado, llamado *Cuerpo de Ingenieros de Caminos y Canales* (1799), aunque aún sin demasiado personal técnico específico a excepción de los ingenieros militares y de Agustín Bethancourt (de origen canario y estudiante de Ingeniería Civil de *l'Ecole De Ponts et Chaussées* de París fundada en 1747).

La Ingeniería Civil surge como institución docente el 1802 con la *Escuela de Caminos y Canales* de Madrid, gracias a Bethancourt, y formalizándose definitivamente, después de varios cierres y cambios en los planes de estudio, en 1834, como la *Escuela de Caminos, Canales y Puertos*. A partir de entonces, la escuela sigue evolucionando hasta consolidarse como institución única en todo el estado español hasta que en 1966 se abre otra escuela en Santander, el 1969 en Valencia y en 1974 en Barcelona.

2.3. El ingeniero civil.

El ingeniero civil es un profesional que está al servicio de la sociedad en la planificación, proyecto, ejecución y mantenimiento de infraestructuras, la planificación y ordenación del territorio y el urbanismo, la protección medioambiental, la gestión de los sistemas de transporte, la planificación hidráulica y energética, etc. Las necesidades y expectativas cambiantes en la sociedad precisan respuestas adecuadas. La función del ingeniero civil queda activada por una necesidad concreta y debe solucionar una determinada problemática aparecida. Los ingenieros civiles, por tanto, no tienen únicamente la función de saber calcular y diseñar infraestructuras sino que deben tener la visión de saber ver lo que la sociedad necesita y aportar su ingenio para que, con los recursos económicos limitados o las características ambientales que corresponda, ofrezcan el mayor servicio y óptimas prestaciones para los usuarios.

En general, existe un gran número de posibles soluciones técnicas para un mismo problema, y con frecuencia ninguna de ellas es claramente preferible a otra. Forma parte de la labor del ingeniero, en nuestro caso del ingeniero civil, conocer las máximas opciones resolutivas para descartar las menos adecuadas o agresivas y estudiar y valorar únicamente las más prometedoras según análisis multicriterio (tiempo, dinero, impacto social y ambiental, etc.). Es también labor del ingeniero civil el conocimiento de las posibles formas de ejecución de la solución adoptada y de la maquinaria adecuada y disponible para ello. Debe, además, tener los conocimientos necesarios para evaluar los posibles problemas que puedan surgir como consecuencia de la obra y tomar la decisión más correcta considerando nuevamente los criterios adecuados. No cabe duda de que además de una sólida formación, es importante una dilatada experiencia laboral que le permita acogerse a soluciones óptimas en un menor tiempo posible.

Gracias a los ingenieros civiles es posible el tipo de sociedad que hoy en día se tiene, ya que aportan, entre otras, infraestructuras que nos permiten desplazarnos en tiempos más que

razonables (carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, puertos, etc.), y estas infraestructuras permiten el desarrollo tal y como es conocido hoy en día, sin olvidar por supuesto otras aportaciones como en ingeniería ambiental y sanitaria que se refiere al almacenamiento y tratamiento de aguas que, por ejemplo (y como se verá en próximos apartados) aumentaron significativamente la esperanza de vida de la población a principios del siglo XX.

2.4. Áreas de conocimiento y campos de aplicación.

La Ingeniería Civil es una de las más complejas y extensas disciplinas de la ingeniería, con un considerable número de especializaciones como pueden ser la ingeniería estructural, geotécnica, hidráulica, del transporte, ambiental, etc. con ciencias particulares como la topografía, la hidrología, la estadística, etc. Todas ellas no suelen ser nunca independientes: cualquier infraestructura suele resolverse mediante los conocimientos de varias o incluso todas las especialidades a la vez.

La *ingeniería estructural* se encarga de estimar la resistencia máxima de determinados elementos sometidos a ciertas cargas o solicitaciones, procurando optimizar su estado de servicio y garantizando una cierta resistencia con un menor coste de material posible. El campo de aplicación está comprendido en las demás áreas de la ingeniería dado que ésta trabaja con los elementos y materiales mismos de la construcción y su aplicación está sometida a la finalidad de dichos elementos.

La *ingeniería geotécnica* trata de estimar la resistencia y el comportamiento entre partículas de la corteza terrestre de distinta naturaleza y propiedades, con el fin de asegurar una óptima interacción entre el suelo y la estructura. También se encarga del diseño de los elementos estructurales que garantizan la estabilidad y correcta sustentación en la interacción (cimentaciones en general, muros, etc.). La ingeniería geotécnica está presente en todas las infraestructuras que, ya sea directa o indirectamente, interaccionan con el terreno, garantizando su estabilidad. Sus campos de aplicación son muy variados, interviniendo en pavimentación, puentes, edificación, presas, etc. a través de elementos estructurales específicos como las cimentaciones. Aún así, existen obras singulares de esta especialización, como pueden ser los túneles, presas de tierra, estribos de puentes, y todas las soluciones de los problemas de estabilidad del terreno (taludes, muros pantalla, etc.)

La *ingeniería hidráulica* se ocupa de la proyección y ejecución de obras relacionadas con los recursos del agua. Incluye todas las obras hidráulicas en general, ya sea para el uso directo del agua (potabilización, obtención de energía, etc.) o por su emplazamiento en mares, ríos, lagos o entornos similares. El campo de aplicación de las obras hidráulicas comprende los sistemas de alcantarillado, los embalses, diques, muelles, canales, esclusas, como también las depuradoras, centrales hidroeléctricas, etc.

La *ingeniería del transporte* planifica, diseña y controla todo lo relacionado con las operaciones de tráfico en las vías urbanas e interurbanas como carreteras y autopistas (redes viales, geometría de sus infraestructuras, etc.), según los medios y tipos de transporte, tratando de conseguir una movilidad segura y eficiente. Contempla también la adopción de nuevos y mejores sistemas de transporte. En la ingeniería del transporte también está contemplado la gestión y la explotación de los aeropuertos, las vías férreas, etc.

La *ingeniería ambiental*, dentro del marco de la Ingeniería Civil, estudia los problemas del medio ambiente teniendo en cuenta sus dimensiones ecológicas, sociales, económicas y tecnológicas, tratando de reducir los impactos de las infraestructuras, y con el objetivo de promover un desarrollo sostenible o perdurable (sobre estos términos se entrará mayormente en detalle en el siguiente apartado). Además, debe hacer frente a la adecuada eliminación o gestión de productos químicos, desechos biológicos, residuos peligrosos, etc., la purificación del aire y del agua, la evaluación de zonas contaminadas, etc. Muy entrelazada a veces con la ingeniería hidráulica, la ingeniería ambiental comprende todas las infraestructuras dedicadas a estos fines nombrados (obras de potabilización y/o depuración de agua, etc.).

Hay otras áreas de la Ingeniería Civil de ámbito más general y con carácter más bien de gestión como son la dirección de obras y la ingeniería de la construcción desde el punto de vista de procedimiento constructivo de las obras. Estas áreas se encargan de realizar estimaciones sobre el coste y el tiempo en efectuar ciertas obras, de tramitar permisos y elaborar contratos, de inspeccionar y comprobar que se cumplan las especificaciones del proyecto en obra entre otras muchas funciones.

La Ingeniería Civil es pues un entrelazado de especialidades según competencias y campos de aplicación en donde todas las especialidades son importantes y se complementan unas con otras.

2.5. Investigación. Desarrollo. Innovación.

Si bien hay factores económicos que determinan el alto coste de los esfuerzos propios de la Ingeniería Civil, la necesidad de mantener, sustituir o actualizar una infraestructura es siempre una constante, habiendo pues una demanda continua de ingenieros civiles por parte de la sociedad. Además, en las obras de Ingeniería Civil se pueden implicar un gran número de personas (desde pocas decenas hasta incluso cientos) con funciones muy diversas y a lo largo de periodos de tiempo igualmente dispares (de semanas a años). Como ya se ha comentado, la Ingeniería Civil se compone de un conjunto de conocimientos y técnicas científicas complejas donde su base tecnológica suele ser muy sofisticada y en constante desarrollo.

Una singularidad muy representativa de la Ingeniería Civil es la extrema atención hacia riesgos de fallo no aceptables en prácticamente el completo de las infraestructuras a que refiere. Dado que su carácter es, en la mayoría de los casos, directa o indirectamente público, cualquier error, ya sea en etapas de proyecto o en la misma construcción, que genere un fallo significativo (colapso estructural como ejemplo extremo) puede tener consecuencias desastrosas, pudiendo, en muchos casos, poner en peligro vidas humanas. Cuando se tiene este tipo de responsabilidades, es necesario el uso de coeficientes mayoradores en los cálculos de diseño así como de factores de seguridad suficientemente elevados que aseguren una estabilidad holgada a prueba de imprevistos indeseables; y la Ingeniería Civil no es una excepción. Actualmente, hay una permanente búsqueda de nuevos componentes y materiales específicos para la construcción, así como también de mejora de procesos constructivos y de gestión, que deben ir a mejor según criterios económicos y de optimización (resistencia y durabilidad) como de mínimo impacto ambiental (contaminación en su fabricación o en su uso y desuso), mediante una adecuada inversión en investigación.

A modo de ejemplo en el hormigón, que es de implicación directa y constante en Ingeniería Civil, se puede mencionar hechos como el aumento de resistencia del mismo en más un orden de magnitud en poco más de 30 años (de 200kg/cm^2 a prácticamente 2000 kg/cm^2 para hormigones especiales de muy alta capacidad resistente), o también, para el mismo caso del hormigón, la fuerte reducción del consumo térmico (emisiones de CO_2), en su fabricación, aun aumentando substancialmente su producción (*Fernández Sánchez - Oficemen, 2003*).

2.6. Necesidad de Ingeniería Civil.

La Ingeniería Civil pretende ser útil consiguiendo una mayor adaptación humana al medio natural según sus necesidades y criterios de evolución (protección frente al entorno natural cambiante, incremento de la población, etc.). La construcción de infraestructuras es clave para permitir niveles económicos mayores y una mayor libertad de comercio a costa de transformar, de forma razonable, el medio ambiente. Por esta razón, se busca cada vez lograr una máxima armonía con el medio ambiente y la salud pública.

Cada vez es mayor la concienciación de los diferentes agentes implicados en la construcción de infraestructuras (población, administración, sectores productivos, etc.) sobre el efecto producido en el medio ambiente por todo tipo de actuaciones. Si bien hasta hace unos pocos años parecía que los recursos naturales y la energía disponible eran prácticamente inagotables y que podían emitirse, casi sin límite, todo tipo de contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos sin que la naturaleza sufriese cambios apreciables, hoy se tiene constancia de que esto no es así. El efecto invernadero, el agujero en la capa de ozono, la acidificación o la eutrofización son, entre otros, fenómenos comprobados e indeseables, que los expertos y también el conjunto de la población conoce. La consecuencia inmediata de esta situación es la necesidad de optimizar en la medida de lo posible el consumo de recursos y, sobre todo, de reducir la contaminación de todo tipo producida, especialmente, por la actividad humana. La presión de la población, por su concienciación en el tema, o, en muchos casos, afortunadamente, la propia iniciativa de los sectores industriales, es un factor importante para ello. Todo ello justifica la necesidad de evaluar e intentar minimizar el impacto medioambiental producido por cualquier proceso o fabricación de materiales, y que este aspecto se esté convirtiéndose en esencial en los criterios utilizados para la toma de decisiones relativas a los mismos (diseño de instalaciones, infraestructuras, productos, etc.).

Al respecto cabe indicar que, en el caso de procesos, instalaciones o infraestructuras, la evaluación y minimización del impacto negativo producido se está ya generalizando. Respecto a los materiales y productos, se está avanzando especialmente en determinados campos industriales, condicionados con frecuencia por la legislación y la presión social. Sin embargo, en el ámbito de la construcción, pese a su importancia desde el punto de vista económico, la

consideración de aspectos medioambientales en el diseño, fabricación y utilización de materiales y productos, está todavía en una fase incipiente.

Esta importancia económica del sector de la construcción puede evaluarse mediante las cifras de ventas y su aportación al *PIB* del país que, considerando también la edificación residencial y aun en la época actual de recesión, es de más del 10%; (*OHL*, 2009), y una población directa ocupada del orden del 13% del total, que podría llegar al 50% si se incluyesen los puestos de trabajo directos e indirectos. Dichas cifras relativas son presumiblemente similares en otros países. Esta importancia económica va acompañada de un significativo impacto en el medio ambiente en sus diferentes vertientes, como pueden ser los casos del consumo de recursos renovables o no renovables o la contaminación del aire y del agua para la fabricación de productos; el consumo de energía tanto para dicha fabricación como para el mantenimiento de infraestructuras (iluminación, acondicionamiento interior de edificios); la alteración de ecosistemas en diferentes tipos de obra (por ejemplo en presas); o la generación de residuos, reciclables o no reciclables, como consecuencia, en buena parte, de la demolición de distintos tipos de obras. Es difícil evaluar estos impactos y su efecto consecuente sobre el medio (consumo de recursos, emisión de gases inductores del efecto invernadero o destructores de la capa de ozono, toxicidad humana o medioambiental, etc.), pero no hay dudas sobre la importancia y extrema relevancia, tanto económicamente como desde el punto de vista de impacto medioambiental, de la Ingeniería Civil.

2.7. Ingeniería Civil y Sostenibilidad. Implicaciones.

Es frecuente que la actividad del sector de la construcción se asocie únicamente con sus efectos negativos sobre la naturaleza (consumo de recursos y de energía, emisión de contaminantes, alteración de ecosistemas, generación de residuos, etc.). Si bien es obvio que estos efectos existen y que pueden llegar a ser muy importantes si no se toman las medidas apropiadas, la construcción tiene también efectos muy favorables sobre ella, aunque este punto de vista depende en buena medida de cómo se defina el medio ambiente. Como ya se ha comentado anteriormente respecto a las tareas de un ingeniero civil, es cada vez más crucial de cara al futuro buscar siempre la mejor opción constructiva en base a análisis minuciosos multicriterio de toma de decisiones. Pero la construcción indiscriminada y sin ninguna conciencia de tipo medioambiental, ha contribuido de forma significativa a dicha imagen negativa, que incluso ha llevado a que en un buen número de ocasiones la población se haya opuesto a la instalación de

nuevas infraestructuras. En relación con este tema es necesario hacer previamente varias consideraciones.

En primer lugar, el medio ambiente no es estático e inmóvil, sino que está en continuo cambio, inducido en parte por las especies vivas que lo componen y también, de forma significativa, por diferentes agentes de la naturaleza (por ejemplo los meteorológicos). Por otro lado, el medio ambiente puede ser muy agresivo con dichas especies en muy diversas circunstancias (climas extremos, terremotos, inundaciones, incendios de origen natural, erupciones volcánicas, generación y diseminación de enfermedades, etc.). Al respecto se puede decir que la naturaleza y el medio ambiente proporcionan las condiciones que hacen posible la vida, pero pueden ser muy agresivos con los seres que lo habitan.

Un aspecto clave al respecto está en el hecho de que las especies vivas, y en particular el hombre, son parte del medio ambiente, por lo que debe considerarse que las alteraciones que puedan inducir en el mismo son, como punto de partida, *naturales*, de la misma forma que se consideran las producidas por otros agentes de la naturaleza. Si bien esto es normal y aceptable en la mayor parte de los casos, requiere ciertos límites en algunos de ellos, y en particular en lo relativo a la actividad inducida por el hombre. El aspecto diferencial en este último caso estriba, fundamentalmente, en la capacidad del hombre de modificar de forma muy sustancial, consciente o inconscientemente, el medio ambiente, pudiendo llegar a hacerlo inhabitable o a extinguir otras especies vivas. Por ello, aunque la actividad humana sea parte del medio ambiente y los cambios que induzca en la naturaleza puedan considerarse naturales, es preciso definir unos límites aceptables. Estos límites, es decir, hasta dónde es aceptable la actividad humana o, específicamente, hasta dónde son aceptables los cambios que puede inducir el hombre en la naturaleza, son difíciles de definir. Para tratar este tema puede ser útil considerar cuándo un *cambio* en el medio ambiente (un impacto) es *positivo* o *negativo*. En este sentido parece razonable utilizar como referencia las condiciones de habitabilidad del planeta (a corto, medio y largo plazo), de forma que un impacto podría considerarse positivo cuando indujese una mejora *global* de dichas condiciones y viceversa.

Podría pensarse que los límites citados en el párrafo anterior son suficientemente amplios como para que sea muy difícil alcanzarlos, es decir, que la naturaleza es capaz de aceptarlos sin empeorar significativamente sus condiciones de habitabilidad. Sin embargo, se tiene la sensación

en diversos ámbitos de que se está en estos momentos cerca de ellos, aproximándose la actividad humana actual a la capacidad de carga máxima que puede aceptar el planeta. Esta capacidad de carga define la máxima presión de población que es aceptable, es decir, aquella a partir de la cual las condiciones de habitabilidad, y consecuentemente la población, disminuyen. Contribuye a esta sensación, por ejemplo, el hecho de que en el periodo 1950-1990 la población mundial y la explotación forestal se han duplicado, el consumo de agua se ha triplicado, el consumo de petróleo se ha sextuplicado, y la actividad económica se ha quintuplicado, sin que parezca que estas tendencias, a excepción de población, que ha iniciado una cierta desaceleración Fig.1, se moderen (Xercavins, 1996). Estos datos globales también pueden comprobarse en una multitud de casos específicos.

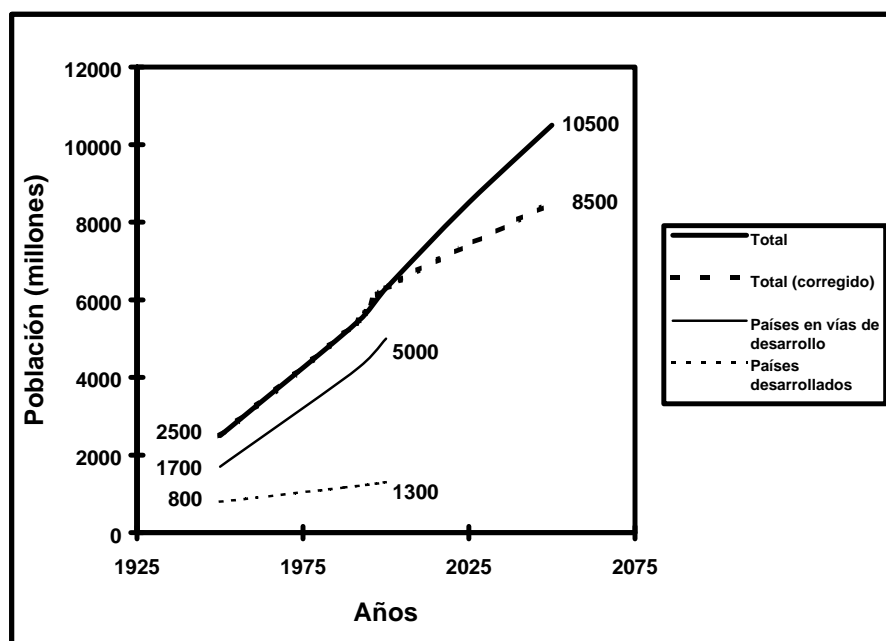


Figura 1. Evolución de la población mundial entre 1945 y 1991, y previsión hasta 2050

Consecuentemente, parece claro que es importante tener en cuenta la existencia de límites en la actividad humana. Al respecto de los mismos, la Declaración de Río (ONU, 1992) define el marco de referencia a considerar. El primer principio indica que *Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible - Todos ellos tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza* y establece, de hecho, y en conjunto con los demás principios, la necesidad de un compromiso entre la actividad humana y sus efectos (consumo de recursos y energía, contaminación, etc.) en el contexto de un desarrollo sostenible y el respeto (alteración limitada) al medio ambiente. Este principio indica

que los seres humanos son el aspecto clave en relación con el mantenimiento (o la degradación) de la naturaleza, pero a la vez les legitima para una vida saludable y productiva en armonía con ella. Si bien aparentemente no se determinan con precisión los límites, la referencia al desarrollo sostenible constituye un punto esencial.

En los últimos años los términos *sostenibilidad* y *desarrollo sostenible* se han convertido en habituales en prácticamente cualquier ámbito de actividad humana, y en concreto, en las actividades constructivas propias de la Ingeniería Civil. El concepto de *desarrollo sostenible* apareció por primera vez en el llamado informe Brundland (ONU, 1987), que lo definió como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, es decir, aquel desarrollo que en principio puede mantenerse indefinidamente. “La civilización tecnocrática necesita de una ética de futuro: frente a las amenazas de destrucción de la vida, hay que reformular nada menos que un nuevo imperativo categórico: no comprometer las condiciones para la supervivencia indefinida de la humanidad en la tierra” (Lipovetsky, 1992). Lógicamente, este principio tiene implicaciones inmediatas en todo tipo de impactos sobre el medio (consumo de recursos y energía, contaminación, etc.) por cuanto no se puede comprometer la capacidad de desarrollo futuro. Medio ambiente y desarrollo son aspectos interdependientes e igualmente importantes; debe promoverse un desarrollo responsable con el papel fundamental de la Ingeniería Civil. La actividad humana será aceptable en la medida en la que se tienda o cumpla los principios del desarrollo sostenible.

Actualmente, y por poner un ejemplo bastante claro y de carácter suficientemente global, el cambio climático parece haberse ya definido como una realidad indudable siendo los últimos años los más calurosos jamás instrumentados (IPCC, 2007). Como efectos potenciales y directos de este fenómeno se tienen consecuencias (erosión de costas, inundaciones, olas de calor, inestabilidades en el terreno, etc.) que repercuten completamente en la Ingeniería Civil. Estos sucesos aun impredecibles generarán nuevas demandas en la sociedad en las que la Ingeniería Civil deberá garantizar una correcta adaptación. Se va a incidir a continuación en la contribución de la Ingeniería Civil a la mejora de la sostenibilidad en el contexto de lo indicado con anterioridad, y en particular en conexión con el *derecho a una vida saludable y productiva* reconocido en el primer principio de la Declaración de Río.

a. Ingeniería Civil y Salud

La relación entre calidad de vida y salud es muy obvia, y entre salud y construcción es muy directa en diferentes aspectos. Casos claros los constituyen las infraestructuras correspondientes a abastecimiento y depuración del agua de consumo, a recogida y tratamiento de aguas residuales o residuos sólidos, o las instalaciones sanitarias. Un efecto inmediato de las mismas es dificultar la diseminación de enfermedades, toxinas o sustancias peligrosas. Como ejemplo indicativo de la magnitud de su efecto se puede considerar la evolución de la esperanza de vida en diferentes países en el último siglo y medio. En la ciudad de Barcelona por ejemplo, la esperanza de vida de una persona de clase media pasó de los 25 años a los 77 años entre 1860 y 1992 (CICCP, 1976). Las cifras extremadamente bajas indicadas para el siglo XIX vienen influidas muy significativamente por la alta mortalidad infantil entonces existente, por lo que la esperanza de una persona que superase los primeros años de vida, o la de una persona adulta, era muy superior a la media indicada. Este incremento tan importante ha sido fundamentalmente debido al control del agua (depuración de agua de consumo y tratamiento de aguas residuales), que no se asoció a la diseminación de enfermedades hasta bien entrado el siglo XIX, coincidiendo con numerosas epidemias en Europa. Evidentemente también han influido, aunque en menor medida (sobre todo en los incrementos más recientes), otros factores, como por ejemplo los avances en medicina y farmacología. Así mismo se pueden citar, como ya se ha indicado, las numerosas epidemias producidas en el siglo pasado en Europa, entre las que pueden destacarse la de fiebre amarilla en 1821 en Barcelona, con una mortalidad del 6.2% de la población en 111 días, o la de cólera en 1831-1832 en París, con una mortalidad del 2.4% de la población (CICCP, 1976).

Los tipos de infraestructuras de Ingeniería Civil relacionadas con este apartado son de muy diverso tipo, entre las que pueden destacarse las siguientes:

- Abastecimiento de agua (extracción, almacenamiento, transporte, tratamiento, depuración): presas, pozos, canales, tuberías, plantas desalinizadoras, plantas depuradoras, plantas de bombeo, depósitos.
- Aguas residuales (recogida, transporte, tratamiento, reutilización, vertido): tuberías, alcantarillado, túneles, plantas de bombeo, plantas de tratamiento.

- Residuos sólidos (recogida, transporte, almacenamiento, tratamiento, clasificación, reciclaje, incineración, vertido): infraestructura del transporte, contenedores, plantas de tratamiento, plantas de clasificación y reciclaje, plantas incineradoras, vertederos.
- Instalaciones sanitarias: clínicas, hospitales, centros de investigación.

b. Ingeniería Civil y Seguridad

Como ya se ha comentado, la naturaleza está en continuo cambio, y es con frecuencia agresivo con las especies vivas. Al respecto se puede citar, como ejemplos representativos, los casos de inundaciones en zonas continentales o costeras, huracanes, corrimientos de tierras, terremotos, erupciones volcánicas, olas de frío o calor, o incendios de origen natural, de cuyos efectos se tiene periódicamente noticia, y han sido recientemente devastadores en diversos países (los fenómenos del Niño y de la Niña, el huracán Mitch, los terremotos en Japón y Turquía, las inundaciones en Mozambique, Turkía, etc.). También la actividad humana, aparte de su influencia continua sobre el medio ambiente, tiene en ocasiones efectos desastrosos sobre el mismo en situaciones más puntuales y en general causados por accidentes. Como ejemplos de ellas se pueden citar los casos de vertidos químicos en mares y ríos, emisiones tóxicas a la atmósfera, accidentes en centrales nucleares (Chernóbil 1986), incendios, o explosiones.

La aportación de la construcción en este caso se centra en la disposición de estructuras protectoras contra dichas situaciones o resistentes a ellas. Como ejemplos se pueden citar los siguientes:

- Desastres naturales:
 - Protección contra inundaciones en zonas continentales: azudes, canalizaciones, estructuras de contención, plantas de bombeo, galerías, túneles.
 - Protección costera: barreras, diques, espigones.
 - Corrimientos de tierras: estructuras de contención, sistemas de drenaje.
 - Incendios naturales: límites pavimentados, depósitos de agua, materiales constructivos ignífugos.
 - Terremotos: estructuras resistentes a efectos sísmicos.

- Erupciones volcánicas: bloques de conducción o estructuras de contención para canalizar los ríos de lava.
- Accidentes en actividades humanas:
 - Accidentes en centrales nucleares o explosiones: barreras de protección.
 - Incendios: materiales ignífugos o de máxima durabilidad incendios, sistemas y conducciones de agua.
- Adaptación al cambio climático:
 - Adaptación de las infraestructuras al clima (para resistir el aumento del nivel del mar, garantizar el abastecimiento de agua o adaptarse al aumento de temperatura).
 - Utilización de materiales específicos, respetuosos con el medio ambiente.
 - Aplicación de medidas de adaptación blandas, como la adaptación de los cultivos al nuevo clima (de poco coste) y de medidas de defensa, como reubicar la población (más caro).

c. Ingeniería Civil y Desarrollo

Desarrollo se considera en este apartado en relación con aspectos de tipo social y personal. De acuerdo con el primer principio de la Declaración de Río, el hombre está legitimado para una vida productiva, siempre en armonía con la naturaleza. Esta vida productiva puede interpretarse desde diferentes puntos de vista. En particular, en el caso de la construcción, pueden considerarse los siguientes aspectos:

- Movilidad: libertad y facilidad de movimiento y acceso al territorio (infraestructuras del transporte). Fomento del equilibrio territorial, del desarrollo social y personal, de las zonas menos favorecidas, etc.
- Productividad: bienes y servicios suficientes y accesibles en todas las capas sociales (infraestructuras industriales para alimentación, ropa, equipos).
- Recreo: actividades culturales, deportivas o de diversión (equipamientos específicos). Posibilidad de actividades de ocio en el tiempo libre.

- Confortabilidad: edificios acondicionados y seguros (aislamiento térmico y acústico, agua caliente, servicios).

Cumplimentados bajo aspectos de:

- Sostenibilidad y autosuficiencia: edificios con instalaciones en base a la gestión de recursos (energías renovables), infraestructuras para la gestión y reciclaje de residuos, etc.

Aunque estos aspectos puedan parecer menos directos que los correspondientes a los dos apartados anteriores (salud y seguridad), su importancia es evidente desde el punto de vista de una vida productiva y la consiguiente prosperidad económica individual y colectiva. Al respecto cabe destacar de nuevo que las condiciones habituales en la naturaleza pueden ser con frecuencia poco confortables (temperatura, humedad, disponibilidad de agua potable y caliente y de alimentos suficientes y sanos, facilidad de movimientos, hostilidad de otras especies, actividades culturales o deportivas, etc.).

La aportación de la construcción en este caso es bastante clara. Como ejemplos se pueden citar los siguientes:

- Movilidad: carreteras, ferrocarriles, áreas peatonales.
- Productividad: instalaciones agrícolas e industriales, plantas de procesamiento de alimentos, almacenes.
- Recreo: museos, teatros, bibliotecas, polideportivos, parques.
- Confortabilidad: viviendas, oficinas, hospitales, escuelas.

Se ha descrito cualitativamente algunos aspectos en los que la construcción en general, y en particular la Ingeniería Civil, puede afectar positivamente al medio ambiente. Sin embargo, dichos aspectos son sólo una parte de los que interesan desde un punto de vista global. Por un lado, es necesario comprobar que las aportaciones que pueda comportar la construcción en un caso concreto, compensan los impactos que paralelamente se puedan producir al utilizar materiales o ejecutar las obras (consumo de recursos y energía, contaminación del aire y del agua, etc.). Por otro lado, y aún en el caso de que se comprobase lo anterior, habría que escoger

las soluciones constructivas, los materiales, el procedimiento de puesta en obra, etc., más adecuados desde el punto de vista medioambiental (Josa, 2001).

2.8. Ingeniería Civil en Cataluña.

Nadie hoy en día puede plantearse una sociedad de bienestar sin contar con los ingenieros ya que están presentes en cualquiera de los servicios u obras que podamos imaginar. Si se centra la atención en la participación de los ingenieros civiles, se obtienen multitud de ejemplos que corroboran dicha afirmación, ya que dotan a la sociedad, no solamente de las infraestructuras necesarias para que se desarrollen las actividades, sino que diseñan dichas infraestructuras de acuerdo a unas necesidades y con el objetivo de ofrecer el mejor servicio.

A continuación como referencia se apuntan algunos datos representativos relativos a la Comunidad de Cataluña que la hace muy representativa en cuanto a desarrollo social a nivel estatal.

2.8.1. Algunos datos representativos.

A modo de datos globales y de posicionamiento, Cataluña representa el 3,6 por mil de la riqueza mundial; su población es el 1,1 por mil de la población y su superficie es el 0,20 por mil del total. Respecto a las emisiones, Cataluña emite el 2 por mil de todas las emisiones del planeta (www.indescat.cat, 2010). Estos datos permiten llegar a una serie de conclusiones preliminares como que Cataluña es, en proporción a su superficie y población, más rica que la media mundial, lo que implica que tiene una responsabilidad mayor y debe contribuir según ello. Cataluña es causante del cambio climático como otras comunidades y países debido a la emisión (desde hace ya mucho tiempo) de gases de efecto invernadero en proporción a datos socio-económicos. Dada su localización, dicho cambio climático tendrá afecciones más detonantes que a la mayor parte del resto del mundo dado que se encuentra en una zona de difícil adaptación. (CECCPC-GECDIS. 2008).

En el territorio catalán habitan actualmente 7.504.881 habitantes en un total de 946 municipios. Tan sólo en 63 municipios se superan los 20.000 habitantes y en ellos vive alrededor del 70 por ciento de la población catalana (www.indescat.cat 2010). Dos tercios de la población viven en el Área Metropolitana de Barcelona, lo que, como es de esperar, constituye un territorio muy denso

y altamente industrializado. Dicha área lidera parte del sector de la industria en España desde el siglo XIX y su economía es la segunda más importante de entre el resto de las comunidades autónomas del estado; genera aproximadamente el 20 por ciento del PIB español, segundo mayor aporte del país y siendo la cuarta en PIB per cápita, tras las comunidades del País Vasco, de Navarra y la Comunidad de Madrid (*Notas de prensa INE*, 2009). Ya en anteriores épocas de la historia y debido a su buena posición geográfica, ha sido considerada como una región de alto valor patrimonial. Actualmente, la industria, construcción, la agricultura, el turismo y los servicios son la fuente principal de ingresos económicos de la comunidad.

En cuanto a las infraestructuras, Cataluña goza de muy buenas conexiones, internas y externas, tanto por tierra, mar y aire.

Por tierra existe una amplia red de autopistas y carreteras (12.000 kilómetros de vías para el tránsito de automóviles. De estos kilómetros, 10.843 corresponden a carreteras de calzada única y 962 kilómetros son de autopistas: de ellos, 655 kilómetros son de peaje y 307 son libres de pago.). La red de ferrocarriles en Cataluña, que fue el primer territorio peninsular español en tener ferrocarril, tiene alrededor de 1.200 kilómetros de vías. El 80% de la red se construyó a finales del S.XIX y por tanto a lo largo del S.XX y parte del S.XIX sólo se ha construido un 20% del total de la red de ferrocarril actual. Aunque se han modernizado todas las infraestructuras, cabe decir que, Cataluña dispone de una estructura de vías centralizada en Barcelona. Las dos direcciones principales son la de la costa, que une Francia (pasando por Girona, Barcelona y Tarragona) con la Comunidad Valenciana por el litoral catalán, y la ruta hacia Zaragoza (que une Barcelona con Lleida y Madrid).

En carretera existen también otras conexiones importantes (como la conexión directa entre Girona y Lleida, la C-32, etc.). En la red ferroviaria, a inicios del 2008 entró en servicio una nueva línea de alta velocidad (AVE) con llegada a Barcelona. Dicha línea será prolongada (actualmente en obras) hasta la frontera francesa, donde continuará hasta conectar con la actual red francesa de alta velocidad. Por otra parte, el gobierno de la Generalidad de Cataluña anunció en diciembre de 2005 un plan para construir 1.100 km de nuevas líneas, 300 en vías convencionales y 800 en vías de alta velocidad, que unirán las principales ciudades catalanas de forma transversal. El plan supondrá la inversión de 25.000 millones de euros entre el 2006 y el 2026.

Por mar hay dos puertos principales, el Puerto de Barcelona y el Puerto de Tarragona, de gran importancia tanto en España como en el resto del Mediterráneo. Aparte de ellos, el litoral catalán tiene una gran cantidad de puertos deportivos y de pescadores.

Por aire hay 4 aeropuertos comerciales (el de Barcelona, el de Girona, el de Reus y más recientemente el de Lleida) con conexiones tanto interestatales como internacionales. A parte de estos hay el aeropuerto de la Seu d'Urgell (cerrado en 1984 y reabierto en 2010) y el de Sabadell que no admite vuelos comerciales pero si vuelos ejecutivos.

2.8.2. Planes de infraestructuras previstos y vigentes.

Actualmente, el Departamento de Política Territorial y de Obras Públicas de Cataluña está impulsando varios *planes de desarrollo* (planes directores de urbanismo, planes comarcales de montaña y planes sectoriales; parte de ellos ya implementados en la actualidad) en base a diferentes infraestructuras del ámbito de la Ingeniería Civil. Se presenta a continuación una breve descripción de algunos de dichos planes:

- El Plan de Infraestructuras del Transporte de Cataluña 2006-2026 proyecta una importante innovación tecnológica y de gestión (actualmente ya en desarrollo) en el sector de los transportes en Cataluña, como elemento fundamental para la mejora de la eficiencia y la competitividad. Las principales líneas de trabajo (con una estimación presupuestaria de 300 millones de euros) serán de estudio, previsión y evaluación de la movilidad, del tránsito y de los servicios de transporte, desarrollo de sistemas de información más efectivos, diseño y construcción de nuevas infraestructuras o la reconstrucción de las ya existentes y la mejora de los procesos de control de calidad durante dichas actuaciones, mejora de la eficiencia de los servicios de transporte y minimización de sus impactos acústicos, energéticos y de emisiones (PITC, 2006).
- El Plan Director Urbanístico del Sistema Costero propone cuidar del mantenimiento y del correcto establecimiento de valores como la sostenibilidad ambiental, funcionalidad y competitividad económica, cohesión social, etc. para la contribución al desarrollo sostenible de la costa catalana. Dichas tareas se efectúan mediante propuestas

urbanísticas (evitando la ocupación urbana indefinida de determinadas áreas), propósitos patrimoniales, (preservando espacios costeros libres de edificación debido por ejemplo a valores históricos), objetivos ambientales (garantizando la continuidad de sistemas biológicos) y retos económicos (gestionando el espacio litoral y tratando de conseguir su continuidad como recurso básico) (PDUSC, 2005).

- El Plan de Puertos de Cataluña 2007-2015 se crea, a grandes trazos, como instrumento de ordenación del litoral dentro del marco de las directrices de ordenación territorial y tiene como objetivo el establecimiento de los criterios para una utilización portuaria adecuada y racional de la costa catalana, con especial atención frente a la conservación del litoral y la gestión del medio ambiente (www.gencat.cat, PPC, 2007). El Plan de Puertos priorizará la ampliación de los puertos ya existentes (amarres en puertos deportivos, ver Fig.2) y la optimización del espacio disponible a fin de aumentar la oferta de amarrajes, que en el caso de la náutica deportiva supondrá la creación de cerca de 6.000 nuevas plazas. La previsión de la inversión que se ha considerado es de 3.007 millones de euros.

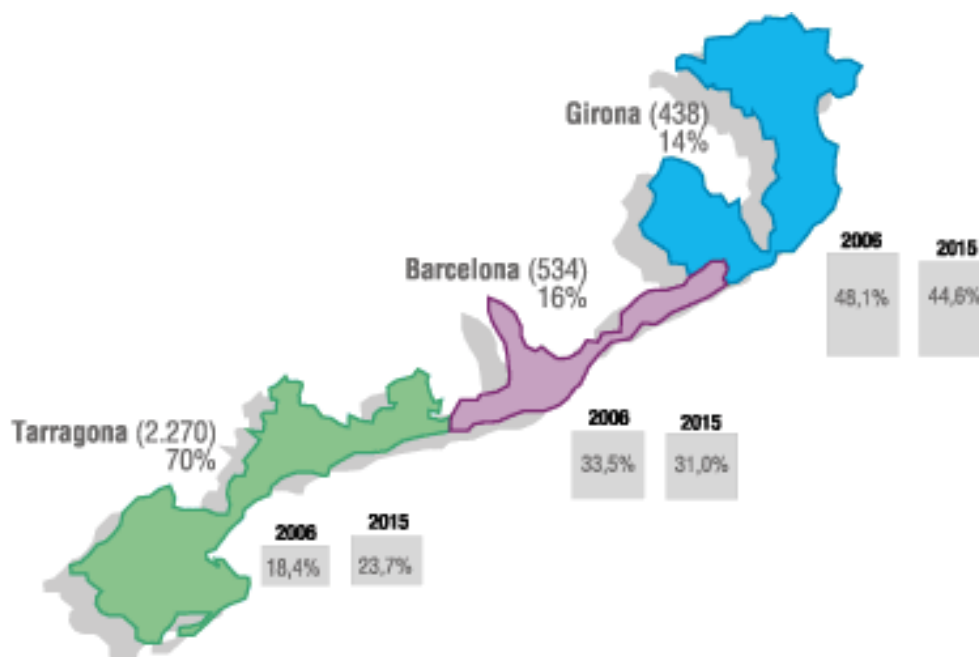


Figura 2. Ampliación de puertos existentes. Nuevos amarres deportivos

- El Plan de Aeropuertos, Aeródromos y Helipuertos de Cataluña (2009-2015) tiene como objetivo definir las actuaciones pendientes y las herramientas adecuadas que se han de ejercer para el completo desarrollo de la red aeroportuaria necesaria con la incorporación de la nueva red de aeropuertos comerciales. Dentro de las prioridades básicas de este

plan, están, entre otras, el impulso de esta nueva red de aeropuertos, dar soporte a la consolidación de Barcelona como aeropuerto internacional de conexiones de largo recorrido, etc., de modo que se mejore la capacidad económica catalana en un entorno cada vez más global (PAAHC, 2007). El conjunto de inversiones de la Generalitat propuestas en este Plan asciende a 394.3M€ (considerando los gastos de proyecto, estudios, expropiaciones y obras) de los cuales 331,85 M€ (84%) corresponden a los aeropuertos comerciales, 23,12 M€ (6%) al despliegue de la red de aeropuertos de aviación general, deportiva y auxiliar. El resto (10%) corresponde a la mejora y ampliación de los aeródromos existentes.

- El Plan de Choque de Mejora de la Señalización de la Orientación pretende mejorar la señalización de la orientación de las carreteras. Se conseguirá, de este modo, informar a los conductores de forma más completa y clara sobre los diferentes destinos de la vía donde circulen y ganar así en seguridad viaria y de calidad de la conducción. Se trata del primer programa de estas características que se lleva a cabo en España desde los años 60 (PXMSO, 2006).

Estos planes buscan el correcto funcionamiento de toda la comunidad de Cataluña de acuerdo con un buen sistema de infraestructuras en constante evolución. En Barcelona concretamente, capital catalana y ciudad donde, como ya se ha dicho, hay una mayor aglomeración de población, se trabaja constantemente en base a varios planes directores (de movilidad, infraestructuras, puertos y aeropuerto, etc.) específicos de la localidad.

Existen, además, otro tipo de afectaciones que también refieren a la obra pública como es la que corresponde a la *Directiva del Marco del Agua para el año 2015*. La necesidad de nuevas infraestructuras de disponibilidad directa (desalinización, reutilización, interconexión de redes de abastecimiento, etc.) como indirectas (saneamiento, caudales de mantenimiento, planificación de espacios fluviales, recuperación de bosques de ribera y zonas húmedas, etc.) suponen una importante inversión autonómica para el 2015.

La necesidad de los ingenieros civiles tanto en Cataluña como en el resto de España parece pues sumamente demostrada para llevar a cabo la ejecución y posterior mantenimiento de estos planes previstos.

3. LA FORMACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL EN CATALUÑA

La Universidad es una institución de enseñanza superior. Entendida como motor generador de valores dentro de la sociedad (de conocimiento, innovación, compromiso social, mejora continuada, proyección internacional, etc.), cabe destacar el papel de la Universidad Politécnica de Cataluña y, en concreto, el de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona.

3.1. Historia de la ETSICCPB.

La Escuela de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Barcelona (ETSICCPB) fue creada en el año 1974 por iniciativa de un grupo de ingenieros de caminos y empresas catalanas. Para su creación se estableció un patronato, presidido por el ingeniero de caminos Victoriano Muñoz Oms, que encargó la dirección de la Escuela a José Antonio Torroja Cavanillas, catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. El profesor Torroja diseñó un modelo de escuela que actualmente sigue vigente. Desde un inicio contó con el apoyo de un núcleo de profesores altamente cualificados y motivados y éste es un factor diferenciador que caracteriza a la ETSICCPB y que se mantiene como uno de sus valores más preciados (*dossier de la ETSICCPB*, 2006).

En el año 1987, se iniciaron los estudios de primer ciclo de Ingeniería Técnica de Obras Públicas, para dar respuesta a la necesidad de formación de profesionales de esta titulación; para ello, se contó con el soporte del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat de Cataluña.

Más tarde, en el año 1990 nacieron los estudios de Ingeniería Geológica con el objetivo de cubrir un campo profesional específico del área de Ingeniería del Terreno. Esto fue posible gracias al acuerdo entre la ETSICCPB y la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona, creándose así una titulación propia compartida, que ha sido la primera de este tipo creada en España. Estos estudios, no obstante, no fueron homologados hasta el año 1999.

A lo largo de la historia de la Escuela han ocupado el cargo de director los siguientes profesores: José Antonio Torroja (1973-1979), Eduardo Alonso (1979-1982), Juan Murcia (1982-1983),

Eugenio Oñate (1983-1989), Antonio Marí (1989-1992), Jesús Carrera (1992-1994), Benjamín Suárez (1994-1997), Antonio Aguado (1997-2001), Joan Ramon Casas (2001-2004), Francesc Robusté (2004-2007), Antonio Huerta (2007-actualidad).

3.2. Datos generales de la Escuela.

El prestigio europeo en Ingeniería Civil de la ETSICCPB se basa en la buena calidad resultante en la formación de los titulados y en el alto nivel de las investigaciones del personal docente. El objetivo primordial de la Escuela es preparar a titulados para formar parte del progreso de la sociedad y dar servicio, de alta calidad, a las necesidades que se plantean. Los titulados de la ETSICCPB están muy valorados en el mundo profesional, lo que implica una inserción laboral prácticamente sin desempleo. Cada vez hay una mayor diversificación de salidas profesionales en otros campos que los tradicionales de la Ingeniería Civil, lo que demuestra una apuesta por la formación sólida basada en la aplicación del método científico. (*dossier de la ETSICCPB*, 2006).

La actividad de la Escuela se desarrolla aproximadamente en 25.000 m² de superficie global (emplazamiento: ver Fig. 3), distribuidos en 9 edificios (A1, A2, B0, B1, B2, C1, C2, D1 y D2) que forman parte del Campus Nord de la Universidad Politécnica de Cataluña. La Escuela utiliza en exclusiva algunas instalaciones y otras las comparte con otras escuelas del Campus (Informática y Telecomunicaciones). Las instalaciones y equipamientos con el paso del tiempo se han ido quedando en muchos casos anticuados. Adicionalmente, se evidencia la falta de espacio, principalmente en los laboratorios y despachos, debido al incremento de personal que los utiliza desde que el campus fuese diseñado a finales de los 80's hace ya dos décadas.



Figura 3. Plano general del Campus Nord. Identificación de la ETSICCPB.

La primera promoción de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona se tituló en junio de 1978 y desde entonces se han titulado un promedio de 75 ingenieros/año, lo que da una cifra total superior a 2.300 titulados; la primera promoción de ingenieros técnicos de obras públicas finalizó sus estudios en junio de 1990, y desde entonces se han titulado un promedio de 100 ingenieros técnicos/año, contando las 3 especialidades, lo que da una cifra total superior a 2.000 titulados; finalmente, la primera promoción de ingenieros geólogos se tituló en junio de 1995 y desde entonces se han titulado un promedio de 16 ingenieros/año lo que da una cifra total superior a 230 titulados. Es decir la escuela “produce” aproximadamente 200 titulados/año.

3.3. Estructura actual de la ETSICCPB.

3.3.1. Titulaciones, departamentos y laboratorios.

A lo largo de los años, y como ya se ha indicado, la Escuela ha sabido adaptarse a las necesidades del mercado y para ello ha incorporado nuevas titulaciones. Inicialmente en la década de los 70's, la Escuela únicamente contaba con la titulación de Ingenieros de Caminos (ICCP) y no fue hasta finales de la década de los 80's que abrió otras vías de formación como la de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas (ITOP), que ya estaba funcionando y con muy buena respuesta desde hacía muchos años en Madrid y la de Ingeniería Geológica (IG, que no fue homologada hasta el año 1999) que da respuesta a las necesidades que se encontraban los geólogos en materias más particulares de la ingeniería civil.

Es por ello que, hasta el curso 2009-2010, se podían iniciar las titulaciones de primer ciclo (3 años) ITOP, titulaciones de primer y segundo ciclo (5 años) ICCP e IG y titulaciones de tercer ciclo doctorado, masters, etc. A partir del curso 2010-2011 los nuevos estudiantes ya no pueden matricularse de estas titulaciones y sí deben hacerlo en las titulaciones de grado (que se detallan en el apartado 3.4). No obstante, los alumnos que ya habían iniciado sus estudios, pueden elegir si continuar o adherirse a las nuevas titulaciones de grado.

Los **Ingenieros Técnicos de Obras Públicas (ITOP)** son ingenieros con un amplio y diverso campo profesional en el marco de la Ingeniería Civil y de la obra pública. Su actividad está orientada a realizar proyectos, ejecución de obras, direcciones de obra, etc. Por tanto es frecuente encontrar este tipo de profesionales tanto en ingenierías como en empresas constructoras. También es usual que los ITOP se desarrollen profesionalmente en la Administración Pública

central, autonómica o local en funciones de mantenimiento y conservación de obras realizadas. La formación de los ITOP, se plantea en 3 cursos: el primero de formación básica, el segundo de formación tecnológica y el tercero de especialización en tres ramas, Transportes y Servicios Urbanos, Hidrología y Construcciones civiles. Por último, para obtener el título, se debe realizar un proyecto fin de carrera (*dossier de la ETSICCPB, 2006*).

Los **Ingenieros Geólogos (IG)** son ingenieros con una formación que les permite desarrollarse profesionalmente dando soporte en proyectos y construcción de obras públicas que requieran conocimientos avanzados de mecánica de suelos, mecánica de rocas, túneles, presas, etc. y en otras áreas como son la explotación de recursos naturales, prevención de riesgos geológicos y reconocimiento geológico entre otras áreas. La formación de los ingenieros geólogos se plantea en 5 cursos. El primero y el segundo son de formación básica, el tercero y el cuarto son de fundamentos tecnológicos de la ingeniería geológica y el quinto es de especialización mediante las siguientes dos intensificaciones: Obras y Reconocimiento del Terreno y Recursos y Medio Ambiente. Por último, se debe realizar un proyecto fin de carrera o una tesina. Esta titulación actualmente se imparte de forma compartida entre la ETSICCPB y la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona (UB). (*dossier de la ETSICCPB, 2006*).

La titulación de **Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ICCP)** permite formar profesionales expertos en proyecto, cálculo y construcción de obras públicas (puentes, autovías, ferrocarriles, presas, túneles, puertos, aeropuertos etc.). La titulación está orientada a preparar de forma genérica a futuros profesionales con capacidad de adaptación y resolución de problemas. La formación de los ingenieros de caminos se plantea en cinco cursos. El primero y el segundo son de formación básica, el tercero y el cuarto son de formación tecnológica y el quinto es de especialización mediante las siguientes intensificaciones: Análisis y Proyectos de Estructuras, Ingeniería Computacional, Ingeniería Hidráulica, Ingeniería Marítima, Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Ingeniería del Terreno, Tecnología y Construcción de Estructuras y Transporte y Urbanismo. Por último, debe realizarse un proyecto fin de carrera y una tesina (*dossier de la ETSICCPB, 2006*).

Los **Másters Oficiales** forman parte de los estudios de tercer ciclo y son la primera concreción de la nueva configuración de los estudios universitarios en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). La formación adquirida con un Máster, además de proporcionar una

formación específica en una materia, puede acercar al alumno a la realización del doctorado (ETSICCPB, 2006). En el apartado 4.1.1, se detallan los másters que actualmente se cursan en la ETSICCPB.

El **Programa de Doctorado en Ingeniería Civil** forma parte de los estudios de tercer ciclo y tiene como objetivo la formación de profesionales con un alto nivel de especialización. Proporciona las bases y metodología de la investigación científica necesaria para que el doctorando las aplique en la elaboración de la tesis doctoral. El programa se plantea en 5 grandes áreas o intensificaciones (Ingeniería de la Construcción y Estructural, Ingeniería del Terreno y Geociencias, Ingeniería del Transporte y Ordenación del Territorio, Ingeniería Hidráulica y del Medio Ambiente y Mecánica Computacional). Al mismo tiempo, la formación se complementa con cursos o seminarios impartidos por profesionales visitantes de reconocido prestigio que no necesariamente tienen que ser de la intensificación elegida por el doctorando. (ETSICCPB, 2006)

Así mismo, la Escuela tiene los siguientes **Departamentos**, bien diferenciados, según las áreas específicas propias de estudio de la Ingeniería Civil:

- Departamento de Ingeniería de la Construcción (IC)
- Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería (RMEI)
- Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica (ITCG)
- Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental (IHMA)
- Departamento de Infraestructuras del Transporte y del Territorio (ITT)
- Departamento de Matemática Aplicada III (MA)

A parte de éstos, hay otros departamentos que, sin pertenecer propiamente a la Escuela, sí que están en parte integrados en los estudios de Ingeniería Civil, básicamente en los de grado. Dichos departamentos son los correspondientes a asignaturas de Electrotecnia (Departamento de *Ingeniería Eléctrica*) y los departamentos de *Física*, *Proyectos de Ingeniería* y *Urbanización y Ordenación del Territorio*.

Entre las infraestructuras de la Escuela destacan las aulas, los despachos, las salas de presentación y los laboratorios de docencia e investigación, estos últimos integrados en los departamentos de la Escuela. Actualmente, debido al crecimiento que han sufrido por la

adquisición de nuevos equipos de ensayo y/o por el incremento de personal investigador (PDI, doctorandos, etc.) e incluso con la creación de nuevas titulaciones, determinados laboratorios se han quedado pequeños para ofrecer un servicio de calidad. En la Tabla 1 se muestra la relación de laboratorios y su ubicación actual en el campus.

Edificio	Laboratorio
A1	Laboratorio de física general
A6	Laboratorio de topografía
B0	Laboratorio de modelos reducidos hidráulicos
B1	Laboratorio de materiales de construcción
	Laboratorio de caminos
	Laboratorio de Análisis y modelización del transporte
	Laboratorio de estudios sociales de la Ingeniería Civil
B2	Laboratorio multimedia
B5	Laboratorio de mecánica de fluidos
C1	Laboratorio de tecnología de estructuras
	Laboratorio de análisis experimental de estructuras
D1	Laboratorio de ingeniería eléctrica
	Laboratorio hidráulico y de mecánica de fluidos
	Laboratorio de ingeniería sanitaria y ambiental
	Laboratorio de hidrometría
D2	Laboratorio de ingeniería sísmica
	Laboratorio de geotecnia
	Laboratorio de geología
	Laboratorio de hidrología subterránea

Tabla 1. Laboratorios y espacios para la investigación de la ETSICCPB.

La Escuela cuenta con una biblioteca propia en el campus (edificio B2) y la Biblioteca común Rector Gabriel Ferraté, que da servicio a los tres centros docentes situados en el Campus Norte. La biblioteca Gabriel Ferraté Tiene 6.300 m² de superficie, dispone de 596 plazas de lectura y tiene un fondo de 78.455 libros y otros materiales documentales y 1.240 títulos de revista. Recibe más de 703.000 visitantes al año y realiza más de 80.000 operaciones de préstamo del año (www.bibliotecnica.upc.edu).

La biblioteca de la Escuela (edificio B2) también llamado Centro de Documentación y Debate de Ingeniería Civil y Medio Ambiente (CDDECMA) que da servicio a los estudiantes y profesorado de la Escuela de Caminos. Dispone, en particular, del legado documental de los ingenieros Patricio Palomar y Victoriano Muñoz Oms. El centro es depositario de las tesinas y proyectos finales de carrera de las titulaciones de la Escuela. Además, el centro promueve y organiza debates de temas relacionados con la Ingeniería Civil y el medio ambiente.

3.3.2. Estudiantes de la ETSICCPB.

Si tomamos como referencia los datos de un curso reciente (curso 2008-2009), se observa que el número total de matriculados en las tres titulaciones que se imparten en la Escuela (ICCP, IG e ITOP) superan en conjunto los 2.000 alumnos (Fig.4) (www.upc.edu/dades).

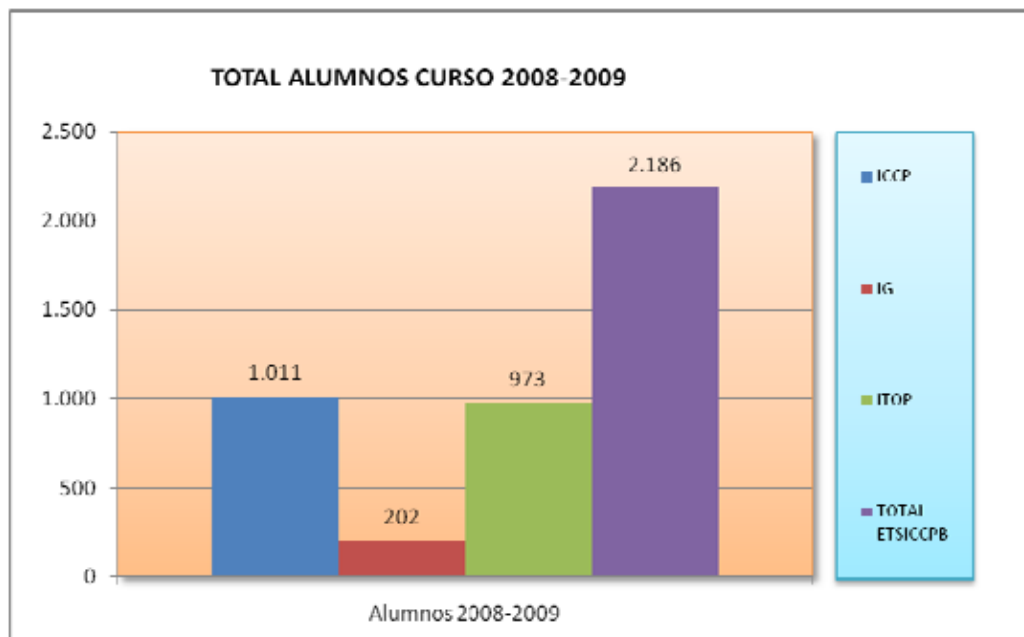


Figura 4. N° de alumnos de la ETSICCPB en el curso 2008-2009 según titulaciones de 1º y 2º ciclo.

Analizando el gráfico se puede ver que aproximadamente el 91% de alumnos está compuesto por ICCP e ITOP (titulaciones más directamente ligadas a la Ingeniería Civil) y el 9% restante lo representan los estudiantes de IG.

La Escuela ocupa, más o menos, ya que se ha ido ampliando, desde hace aproximadamente 20 años los mismos espacios (aunque las instalaciones se han ido adaptando a las nuevas necesidades). No obstante, la demanda, interpretada en número de estudiantes, ha ido aumentando. Como ejemplo, ver Fig.5 (www.upc.edu/dades) se cita que los estudiantes matriculados en el año 1990 eran 1.360 frente a los 2.186 del curso 2008-2009, es decir, más de 800 estudiantes incrementados (representa un incremento del 60%) sin contar los alumnos de tercer ciclo.

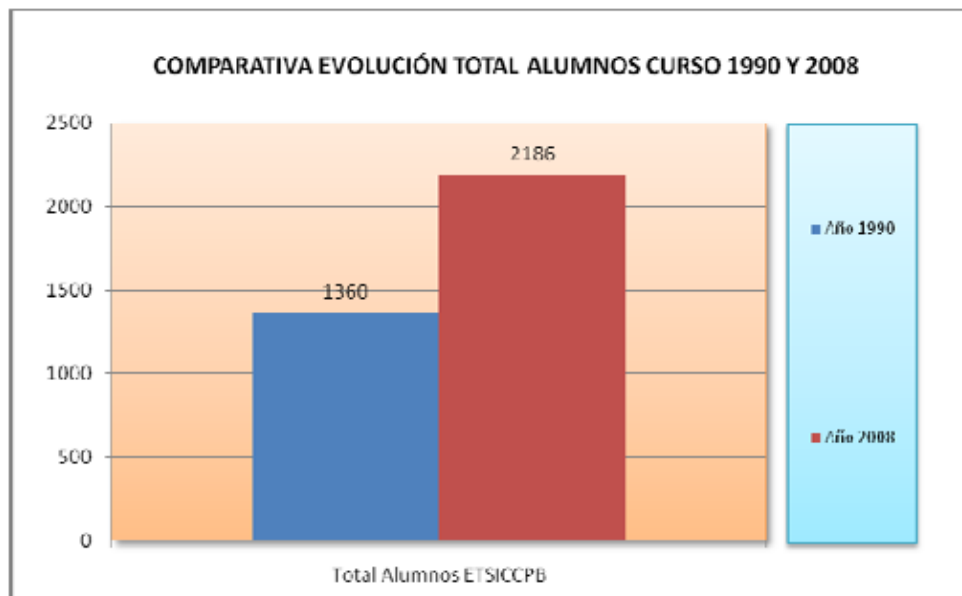


Figura 5. Comparativa alumnos ETSICCPB entre los cursos 1990 y 2008 para ver el incremento.

La Escuela en estos años también ha aumentado la oferta (10 titulaciones nuevas de Máster), generando en la situación actual una sobrepresión en los departamentos (edificios) y en el resto de instalaciones en general debido a la falta de espacios. Prueba de esta falta de espacio es que actualmente hay profesores a tiempo completo que están compartiendo el mismo despacho.

En las Fig.6 y 7 (www.upc.edu/dades) se observa, el número de alumnos de Máster y de Doctorado de la Escuela en el curso 2007-2008. En el Apartado 4.1.1 se entra en mayor detalle con explicaciones más específicas sobre las titulaciones de Máster y Doctorado (tercer ciclo).

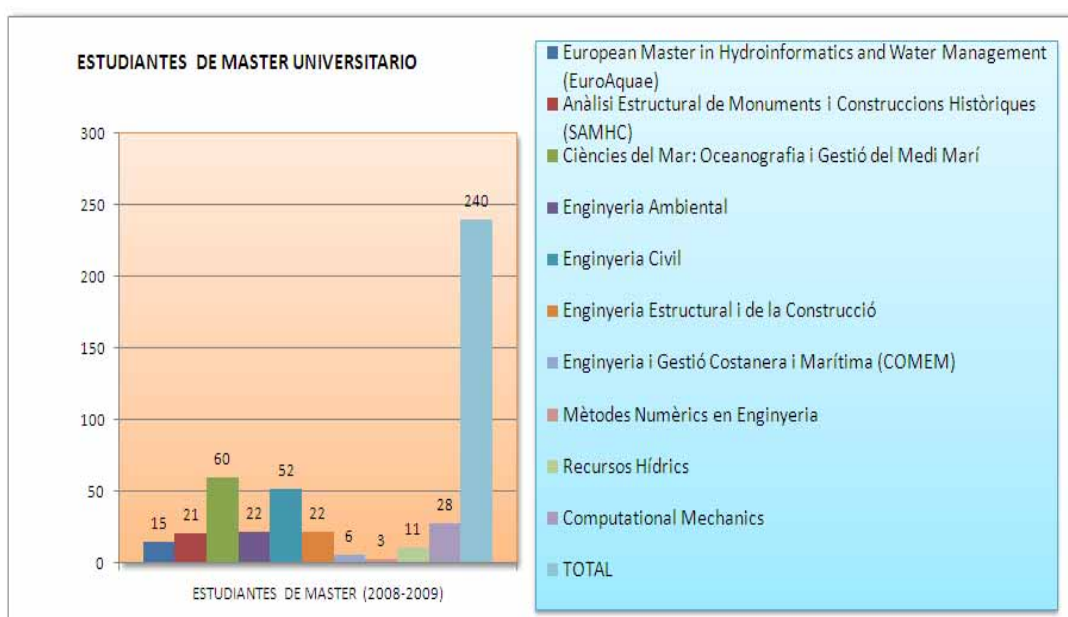


Figura 6. Número de alumnos de la ETSICCPB en el curso 2008-2009 según titulación de Máster.

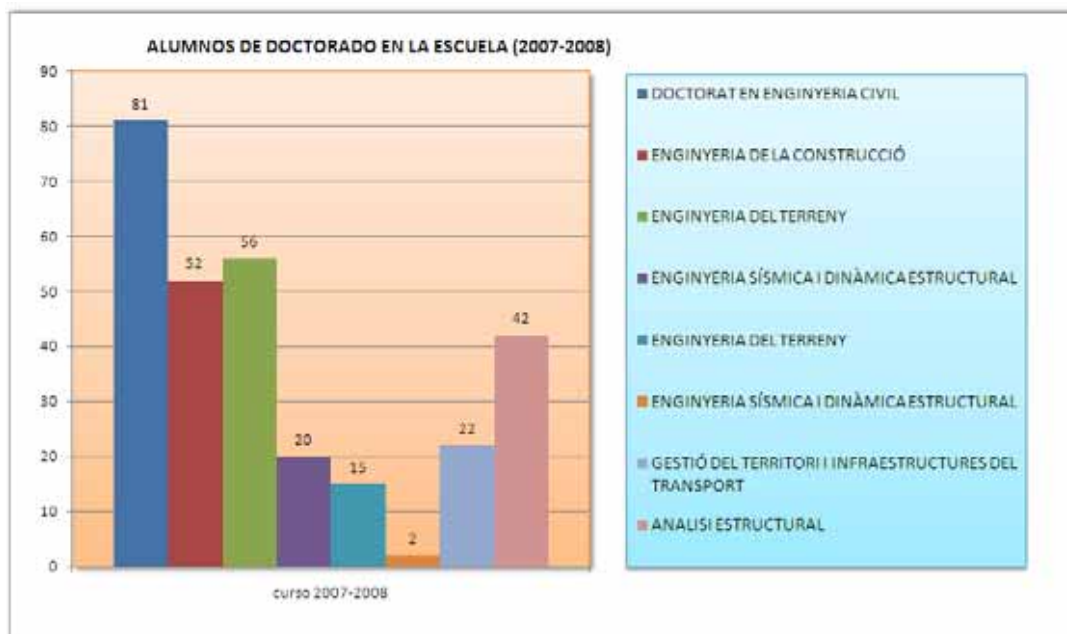


Figura 7. Número de alumnos de la ETSICCPB en el curso 2007-2008 según titulación de Doctor.

Si se tiene en cuenta las plazas de Doctorado y las de Máster, éstas representan un 17.5% del total en el curso 2007-2008. Cuando se construyó la Escuela, estos alumnos no estaban considerados y esto también repercute en la situación actual de falta de espacio y de recursos en general.

3.4. Estructura prevista de la ETSICCPB en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

A partir del curso 2010-2011, por los acuerdos 44/2008 del 9 de abril de 2008 y 60/2008 del 15 de mayo de 2008 del Consejo de Gobierno de la Universidad Politécnica de Cataluña de abril de 2008 y 60/2008, se han implantado el Grado en Ingeniería Civil, el Grado en Ingeniería de la Construcción (tres especialidades), y el Grado en Ingeniería Geológica. Los programas de Grado, según el RD 1393/2007 del 29 de octubre, tienen una duración de 240 ECTS, 4 cursos. Seguidamente se da una breve explicación de estas nuevas titulaciones que ofrece la Escuela desde el curso académico 2010-11.

Grado en Ingeniería Civil

Con el grado de Ingeniería Civil, el alumno tiene acceso a un mercado laboral que actualmente ocupa el Ingeniero Técnico de Obras Públicas. También se le da la posibilidad de que curse el Máster en ICCP para ampliar sus salidas profesionales. El objetivo buscado con este grado es

formar ingenieros generalistas con formación básica sin optatividad, ya que ésta se hará en el Máster en ICCP (*tríptico de Grado en Ingeniería Civil. ETSICCPB 2009*).

Grado en Ingeniería de la Construcción

Los estudios correspondientes a graduado en Ingeniería de la Construcción tienen como objetivo formar ingenieros especialistas en Construcciones Civiles, Hidrología, y Transportes y Servicios Urbanos. Es pues una titulación muy similar a la actual ITOP pero con la componente generalista más amplia. Esta titulación presenta una optatividad según la especialidad que el alumno escoja. Las salidas profesionales que optará el alumno son las que actualmente realizan los ITOP y también dispondrá de la opción de continuar su formación en el Máster de ICCP. (*tríptico de Grado en Ingeniería de la Construcción. ETSICCPB 2009*)

Grado en Ingeniería Geológica

Los alumnos que cursen estos estudios optarán, profesionalmente, al mercado laboral ocupado actualmente por los Ingenieros Técnicos de Minas, especialidad en sondeos y prospecciones mineras. La formación es generalista y no dispone de optatividad ya que ésta se hará en el Máster en Ingeniería Geológica, al cual tienen acceso. (*tríptico de Grado en Ingeniería Geológica. ETSICCPB 2009*)

Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

El Máster en ICCP equivale esencialmente a la actual titulación de ICCP. Las salidas profesionales son, por tanto, las mismas que las que optan los actuales ICCP. Los alumnos que cursen este Máster dispondrán de una serie de especialidades en las que harán más énfasis en áreas específicas. Podrán acceder a estos estudios, los titulados en el grado de Ingeniería Civil y los de grado de Ingeniería de la Construcción. Las especialidades del Máster son: ingeniería de estructuras y construcción, ingeniería del terreno, ingeniería computacional, ingeniería del agua, ingeniería del transporte y urbanismo e ingeniería ambiental y sostenibilidad.

Máster en Ingeniería Geológica

El Máster en Ingeniería Geológica equivale a la actual titulación de Ingeniería Geológica y las salidas profesionales son, por lo tanto, las mismas que las que optan los actuales IG. Los

alumnos que cursen este Máster dispondrán de una serie de especialidades en las que harán más intensidad específica. Podrán acceder a estos estudios únicamente los titulados en el grado de ingeniería geológica, y las especialidades serán: obras geotécnicas, ingeniería ambiental y recursos minerales y energéticos.

En la Fig.8 se muestra un esquema resumen de las titulaciones que se han comenzado a impartir desde el curso 2010-2010 en la escuela dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

Grado en Ingeniería Civil	Grado en Ingeniería de la Construcción			Grado en Ingeniería Geológica
↓	Espec Construcciones Civiles	Espec Hidrología	Espec Transportes y Servicios Urbanos	↓
	↓	↓	↓	
Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos				Máster Universitario en Ingeniería Geológica

Figura 8. Titulaciones dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)

3.5. Sistema de Garantía Interna de Calidad (SGIC).

Con el objetivo de favorecer la mejora continua de las titulaciones que imparte la ETSICCPB y garantizar un nivel de calidad que facilite su acreditación y su mantenimiento, la Escuela ha considerado necesario establecer un Sistema de Garantía Interna de Calidad (SGIC). Con ello se pretende:

- Responder al compromiso de satisfacción de las necesidades y expectativas generadas por la sociedad.
- Ofrecer la transparencia exigida en el marco del EEES.
- Incorporar estrategias de mejora continua.
- Poner orden a las iniciativas docentes de una manera sistemática que contribuya de forma eficaz a la garantía de la calidad.
- Facilitar el proceso de acreditación de las titulaciones implantadas en la ETSICCPB.

La ETSICCPB ha elaborado un Manual de Calidad y ha definido un Sistema para garantizar la calidad en el proceso de diseño, implantación y desarrollo de los nuevos títulos adaptados al EEES (proyecto AUDIT). La Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Cataluña (AQU Catalunya) lo ha certificado y valorado positivamente.

Uno de los indicadores que demuestra el nivel de calidad es que la formación que ofrece la Escuela cuenta con un excelente nivel de inserción laboral de los titulados, con un paro de sólo el 0,3%, prácticamente inexistente. (*Manual de Qualitat, ETSICCPB 2009*)

4. ACTIVIDAD EN LA ETSICCPB. ALGUNOS INDICADORES.

En la Tabla 2 (*Programa caminos para la empresa. Tríptico de la Escuela 2009*) se muestra algunos indicadores de la actividad de la Escuela en el curso académico 2007-2008.

DATOS ACTUALES	OBSERVACIONES
2.700 estudiantes	500 de los cuales son de Máster y doctorado
5.000 titulados y tituladas	Desde que se creó la ETSICCPB
7 programas de doctorado	Algunos con mención de calidad
Alianzas internacionales	Con redes universitarias de prestigio y las mejores instituciones educativas
Más de 300 proyectos de fin de carrera/curso	
13 Másteres universitarios	4 de ellos Erasmus Mundus
600 convenios de cooperación educativa universidad-empresa	Con 200 empresas participativas
9 cátedras y aulas de empresa	
300 proyectos de investigación	
14 MEUR	En proyectos de investigación al año
140 Investigadores e investigadoras de reconocido prestigio internacional	
Más de 70 acuerdos de intercambio y dobles diplomas internaciones	Con universidades de Europa, Estados Unidos, América Latina y África.

Tabla 2. Resumen de datos indicativos de la ETSICCPB (2007-2008).

4.1. Formación y docencia

4.1.1. Estudios de Grado, Máster y Doctorado.

En los puntos siguientes se muestran otros indicativos de actividad en base a los tipos de estudios que imparte la Escuela.

✓ Estudios de **Grado**.

Desde la creación de la Escuela hasta la fecha actual, la evolución ha ido paralela a la demanda social tanto en número de técnicos como en la preparación de los mismos. La cantidad total de estudiantes del curso 2008-2009 se ha mantenido prácticamente constante en los últimos años debido a que es aproximadamente la capacidad máxima de plazas para estudiantes de Grado que tiene actualmente la Escuela, a pesar de la demanda creciente.

A continuación se intenta reflejar mediante gráficas, la evolución en los últimos cuatro años que ha tenido la Escuela vista desde distintos parámetros.

La primera gráfica que se muestra (Fig.9) (www.upc.edu/dades) representa la evolución de la demanda de primer curso en las tres modalidades que se analizan: Ingeniería de caminos, Ingeniería geológica e Ingenierías técnica de obras públicas.

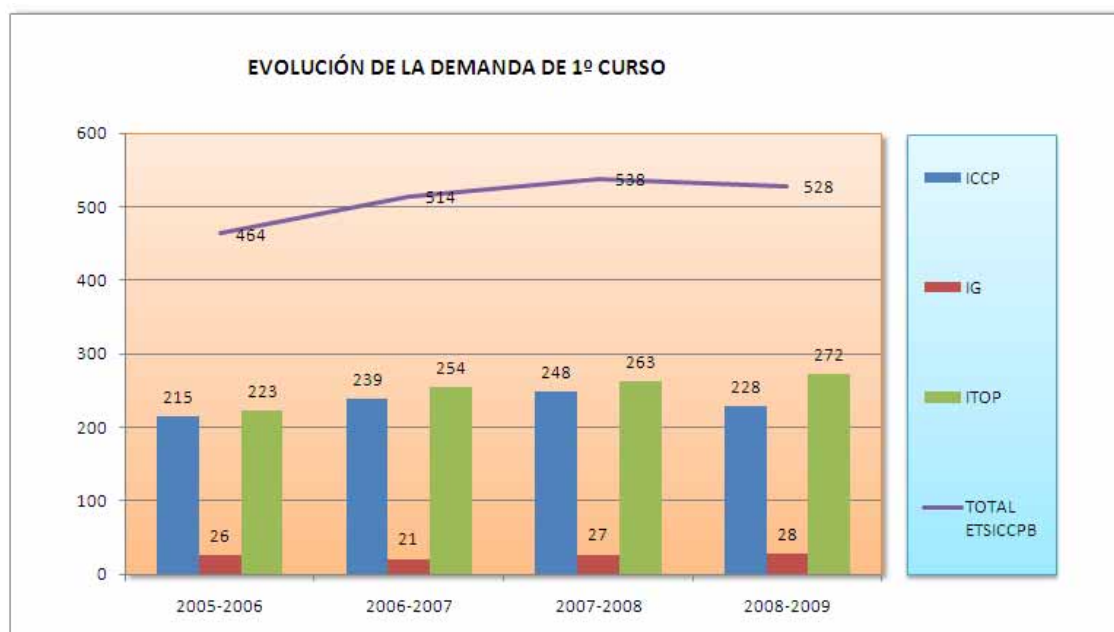


Figura 9. Evolución de la demanda de alumnos de primer curso ETSICCPB.

En esta gráfica se observa que la demanda total de las titulaciones de Ingeniería Civil (ICCP, IG e ITOP) se ha recuperado después de la caída que tuvo en el curso 2005-2006 ya precedida por un curso anterior. Se puede observar que esta recuperación es proporcional en las tres titulaciones aunque claramente la que presenta una mejor tendencia en cuanto a demanda es ITOP que ha pasado de 223 a 272 dando un total adicional positivo de 49 alumnos. ICCP también se recupera aunque con una tendencia menor e IG no presenta una clara tendencia de recuperación ya que en 2006-2007 volvió a bajar su demanda.

En la Fig.10 (www.upc.edu/dades) se presenta la evolución en los últimos cinco años de los alumnos que comienzan primer curso en las tres modalidades que se analizan: Ingeniería de caminos, Ingeniería geológica e Ingenierías técnicas de obras públicas.

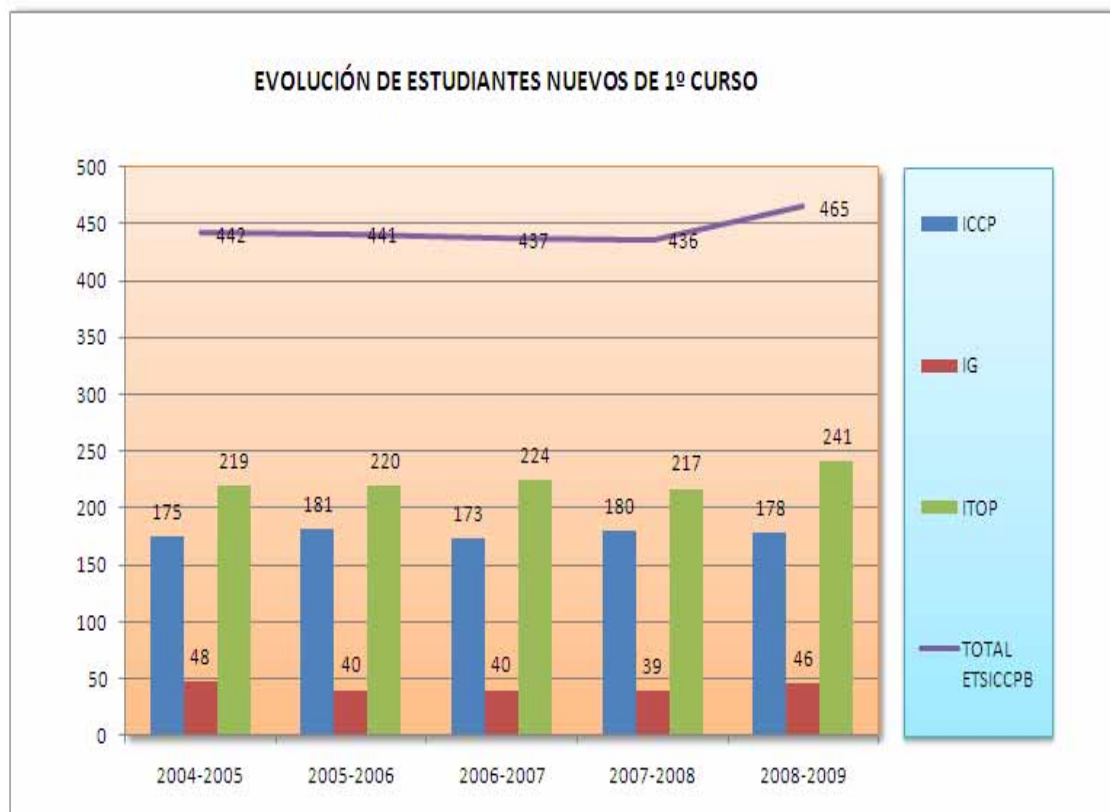


Figura 10. Evolución de los alumnos matriculados en 1º curso ETSICCPB.

Se observa que desde el curso 2004-2005 hasta el curso 2008-2009 hay un aumento total de 23 alumnos, lo que representa un aumento del 5.2% de alumnos que inician sus estudios en la Escuela. La mayor parte del aumento es generado por la titulación de ITOP que incorpora veintidós alumnos, seguida de ICCP que gana tres alumnos y por último IG rompe la tendencia perdiendo dos.

Esta gráfica, se corresponde con la tendencia de la demanda que se observó en la gráfica anterior (Fig.9) en la que se veía que ITOP, ICCP e IG aumentaban su demanda. No obstante en ICCP, pese a que la demanda aumenta, el número de plazas es más limitada (175 en ICCP, 225 en ITOP y 50 en IG, 450 en total) y por este motivo los estudiantes de primer curso difieren mucho de los que demandan en ICCP.

En la Fig.11 (www.upc.edu/dades) se presenta la evolución en los últimos años de los alumnos totales matriculados, en todos los cursos, en las tres titulaciones.

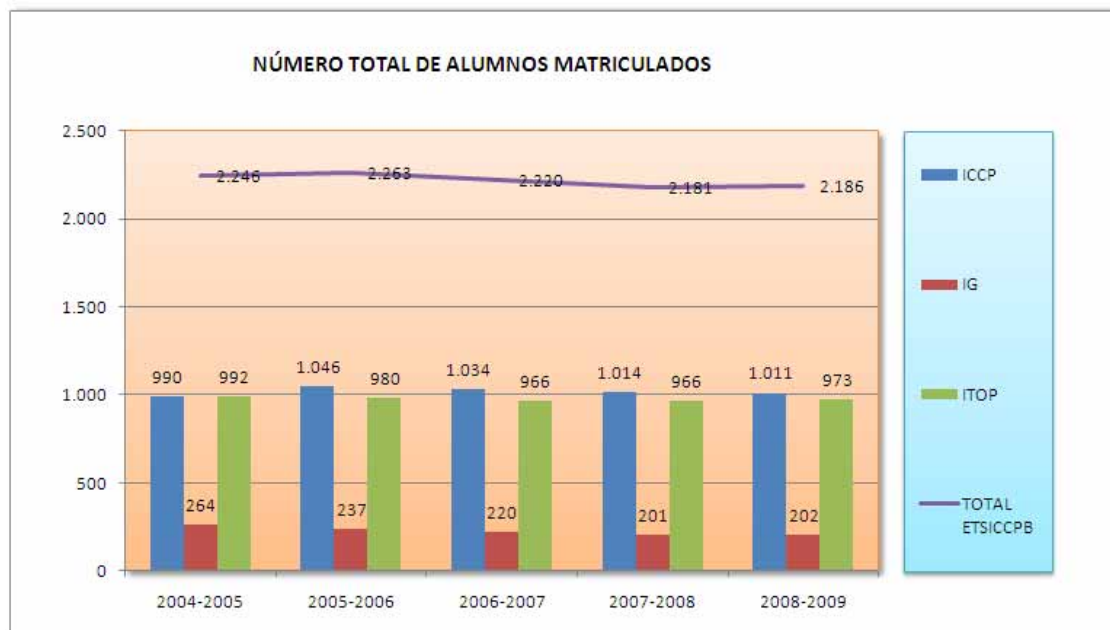


Figura 11. Evolución del número total de alumnos matriculados en la ETSICCPB.

Se observa un descenso en el número total de 60 alumnos, que representa un 2.7%. Analizando los cursos extremos, para ver las tendencias, se visualiza rápidamente que el total de alumnos matriculados en ICCP en los 5 cursos apenas sufre modificación ya que únicamente aumenta en 21 alumnos. No ocurre lo mismo si se analiza la titulación de IG que disminuye un total de 62 alumnos en 5 años lo cual representa un descenso del 23.5% de alumnado. Por otra parte, ITOP también disminuye ligeramente en 19 alumnos aunque apenas representa un descenso del 1.9%.

En el caso de ICCP parece que sigue la tendencia marcada por la gráfica de la demanda que se vio anteriormente (Fig.9). No obstante, en el caso de la titulación de ITOP no parece que haya una relación directa entre demanda y alumnos matriculados. Es probable que no guarde relación la demanda de primer curso, con el total de matriculados en todos los cursos.

La proporción de alumnos de cada titulación respecto al total se mantiene a lo largo de estos últimos 5 años. Si se analiza el curso académico 2004-2005, los alumnos de cada titulación representaba el siguiente porcentaje: ICCP: 44.08%; IG: 11.75%; ITOP: 44.17%. Si ahora se analiza también el mismo dato en el curso académico 2008-2009 se observa el siguiente porcentaje: ICCP: 46.25%; IG: 9.24%; ITOP: 44.51%. Es decir, el gran porcentaje son alumnos de ICCP e ITOP.

En las Fig.12 a 15 (www.upc.edu/dades) se representa, de manera independiente, la evolución en los últimos años de la demanda de alumnos y el total de matriculados en cada titulación de primer curso y en el total de la Escuela.

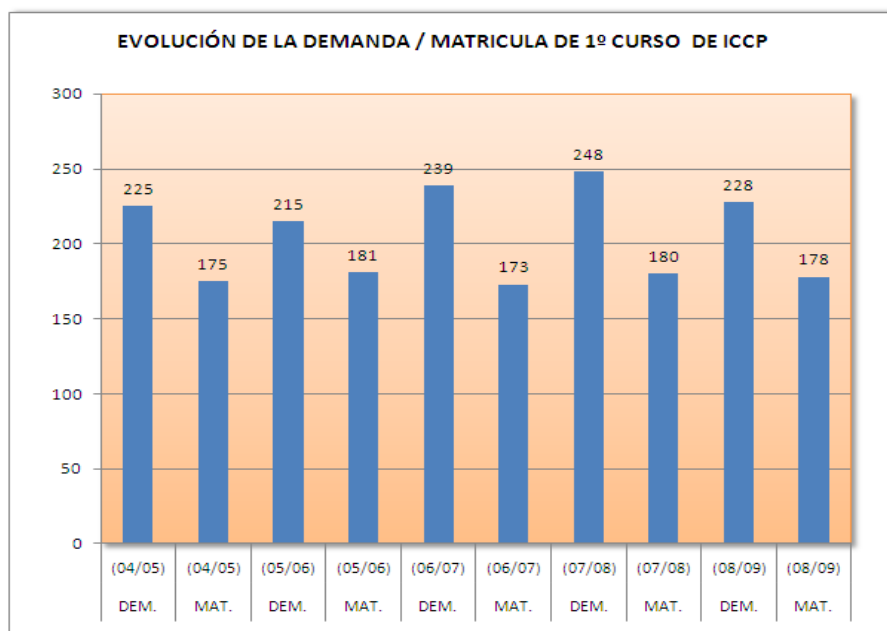


Figura 12. Evolución de la demanda y alumnos matriculados de primer curso de ICCP.

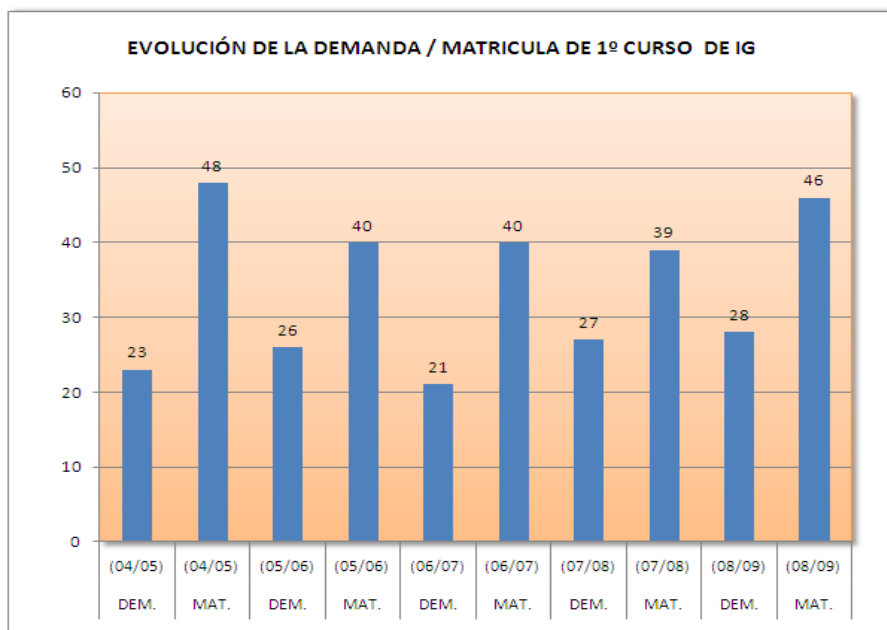


Figura 13. Evolución de la demanda y alumnos matriculados de primer curso de IG.

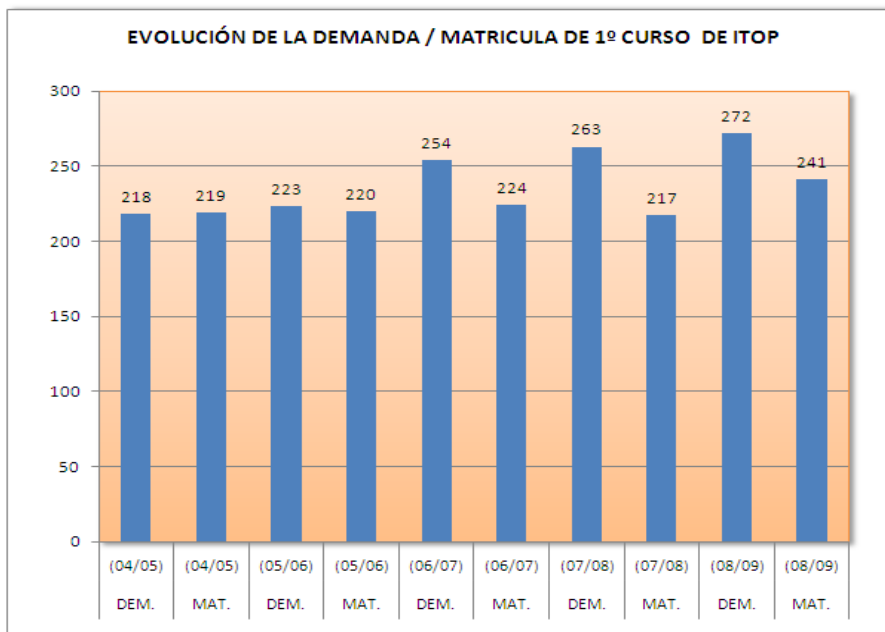


Figura 14. Evolución de la demanda y alumnos matriculados de primer curso de ITOP.

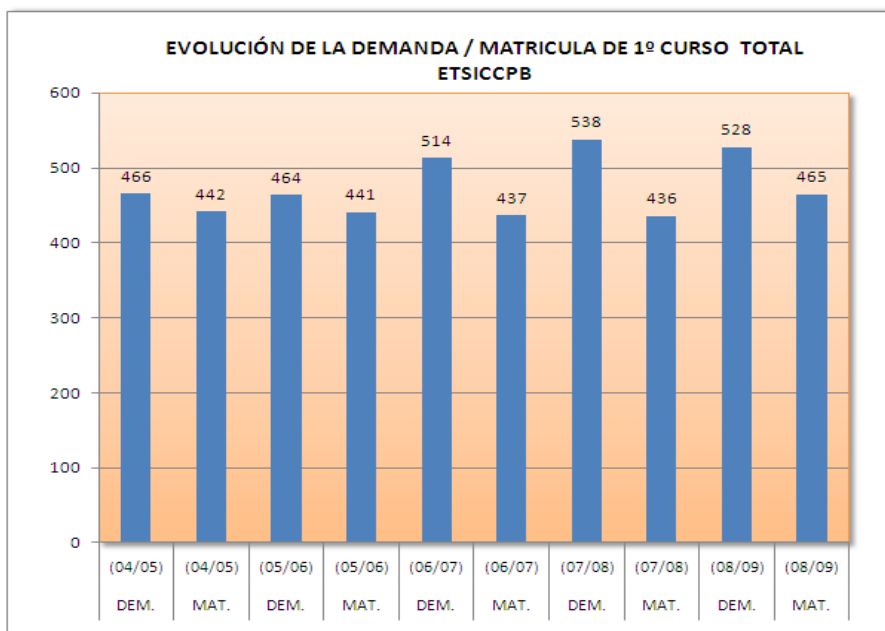


Figura 15. Evolución de la demanda y alumnos matriculados de primer curso en la ETSICCPB.

En la Fig.16 (www.upc.edu/dades) se observa la evolución en los últimos años del total de alumnos titulados en la Escuela.

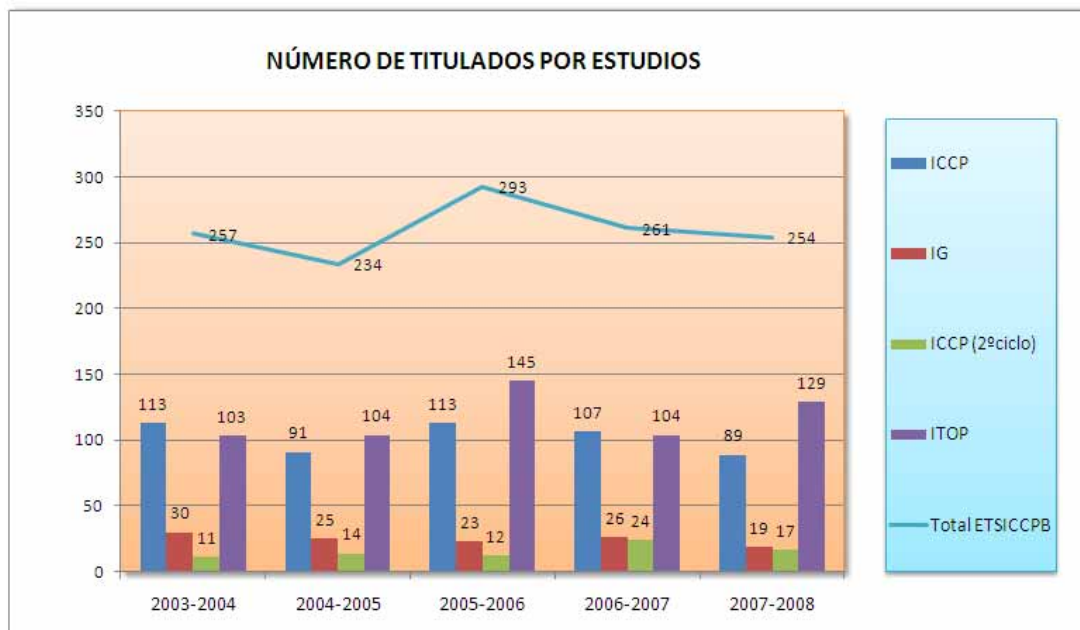


Figura 16. Evolución del número total de alumnos titulados en la ETSICCPB.

En esta gráfica se observa, analizando los dos extremos, que el número total de titulados se ha mantenido entorno a los 250. La subida se produce en ITOP, mientras que en ICCP e IG desciende.

Gran parte de los titulados los proporciona la titulación de ITOP e ICCP que como ya se vio en la gráfica de estudiantes nuevos de primero (Fig.10), eran la titulaciones con más alumnos.

En la Tabla 3 (www.upc.edu/dades) se muestra una representación de titulados en el curso académico 2007-2008 así como el tiempo que emplearon los alumnos en obtener la titulación.

ANÁLISIS DE LOS TITULADOS EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LOS ESTUDIOS (año académico 2007-2008)								
Estudio	% de titulados/as en función de la duración de los estudios							
	Tiempo previsto		1 año más del tiempo previsto		2 año más del tiempo previsto		3 o más años del tiempo previsto	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
ICCP	5	5,6%	13	14,6%	21	23,6%	50	56,2%
IG	-	-	3	15,8%	5	26,3%	11	57,9%
ICCP (2º ciclo)	2	11,8%	8	47,1%	4	23,5%	3	17,6%
ITOP Construcciones civiles	12	11,4%	15	14,3%	23	21,9%	55	52,4%
ITOP Hidrología	-	-	2	20,0%	3	30,0%	5	50,0%
ITOP Transportes	1	7,1%	3	21,4%	2	14,3%	8	57,1%
Total ETSICCPB	20	7,9%	44	17,3%	58	22,8%	132	52,0%

Tabla 3. Análisis de la duración de los estudios según titulación.

En la Tabla 3 se indica que únicamente en el curso académico 2007-2008, un 7.9% del alumnado fue capaz de obtener el título en el tiempo previsto (5 años en ICCP e IG y 3 años en ITOP), un 17.3% tardó un año más, un 22.8% tardó dos años más y un 52% tardó 3 o más años adicionales en completar sus estudios.

Si se analiza en detalle, son los IG los que proporcionalmente tardan más en acabar los estudios. De hecho ningún alumno de IG fue capaz de finalizarlos en los años establecidos y más de un 57.9% requirió de 3 o más años para finalizar los estudios.

En la Fig.17 (www.upc.edu/dades) se analiza la evolución en los últimos años de los alumnos no aptos de fase selectiva en las tres titulaciones.

La gráfica que se muestra presenta distintas tendencias según la titulación que se analiza, aunque el porcentaje de alumnos que no supera la fase selectiva es mayor en Ingeniería geológica que en cualquiera de las otras dos titulaciones de Ingeniería civil.

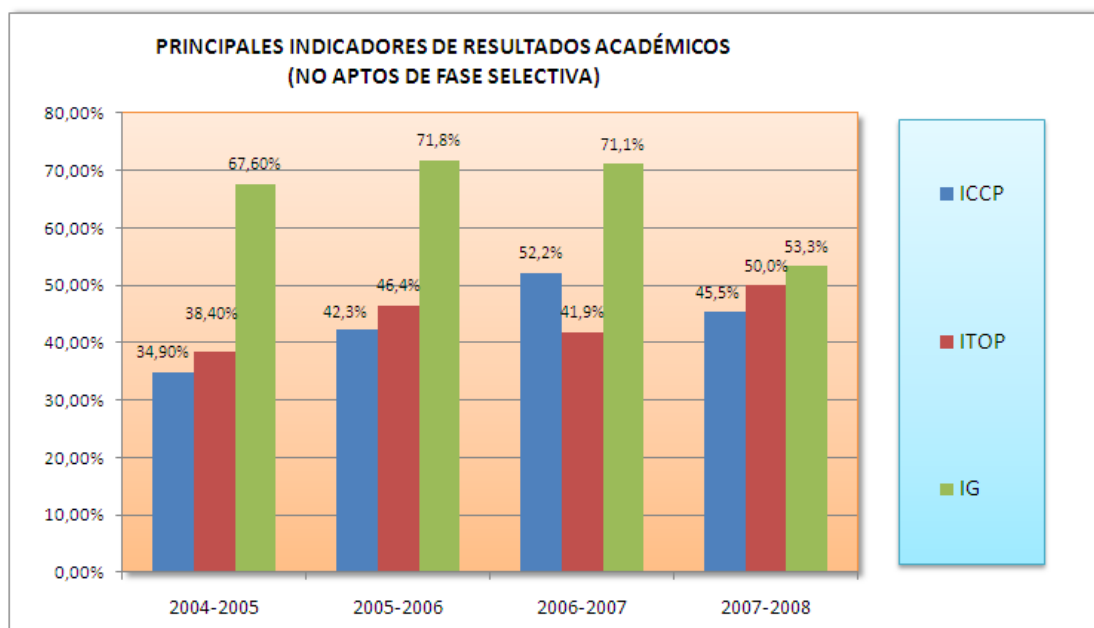


Figura 17. Evolución de alumnos que no superan la fase selectiva.

De los datos que se muestran en la Fig.17, se observa que IG ha pasado de 67.6% en el curso 2004-2005 al 53.3% en curso 2007-2008. Por otro lado, Ingeniería de caminos tiene una tendencia alcista en cuanto al porcentaje de alumnos que no superan la fase selectiva, pasando de

un 34.9% a un 45.5% en sólo cuatro años. Este dato es aún más preocupante ya que en valor absoluto el número de alumnos de Ingeniería de caminos es mucho mayor que el de Ingeniería geológica.

La última titulación a analizar es Ingeniería Técnica de Obras Públicas, y ésta también lo ha modificado al alza, pasando de un 38.4% a un 50%, dato también preocupante, ya que esta titulación concentra un número alto de alumnos.

En la Fig.18 (www.upc.edu/dades) se presenta la evolución en los últimos años de la media de permanencia en las tres titulaciones.

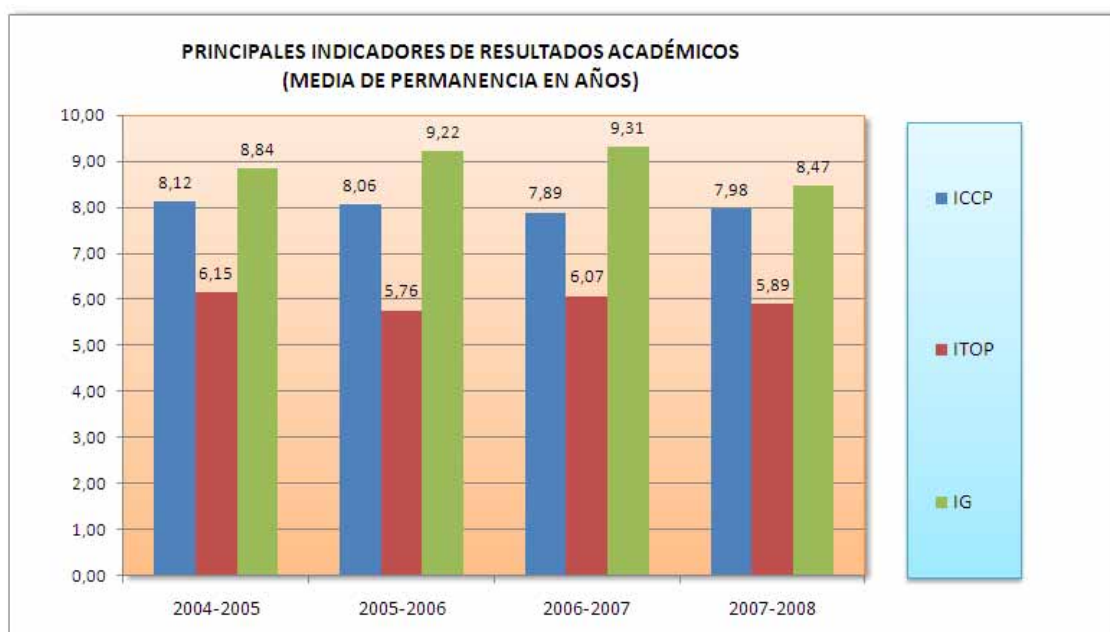


Figura 18. Evolución de la media de permanencia para obtener la titulación.

En líneas generales se observa una tendencia a la baja de la media de permanencia en las titulaciones de ICCP y de ITOP pasando de 8.12 años a 7.98 años en el caso de ICCP, de 6.15 años a 5.89 años en el caso de ITOP. En el caso de IG también desciende de 8.84 a 8.47 años aunque la tendencia no se observa clara porque subió en los cursos 2005-2006 y 2006-2007.

Hay que tener en cuenta que tanto ICCP como IG son titulaciones superiores de segundo ciclo de 5 años de duración, mientras que la de ITOP es de primer ciclo y la duración es tan sólo de 3

años. En el caso de ITOP e IG sólo es necesaria la realización de un proyecto fin de carrera y en el caso de los ICCP deben realizar tanto proyecto fin de carrera como tesina.

✓ Estudios de **Máster**.

Paralelamente a las titulaciones propias de Grado, en la Escuela se realizan complementos de formación mediante varios cursos de Máster oficiales; éstos son ya actualmente la primera concreción de la nueva configuración de los estudios universitarios en el marco del EEES.

La Escuela dispone de dos tipos diferenciados de estudios de Máster. Por un lado, el denominado *Máster Universitario* (Tabla 4), y, por otro lado, el *Máster Erasmus Mundus* (Tabla 5), que debe diferenciarse del anterior por tener el valor añadido de estar impartido en colaboración con otras universidades europeas.

Máster Universitario
Ingeniería del terreno e ingeniería sísmica
Ingeniería estructural y de la construcción
Métodos numéricos en ingeniería
Recursos hídricos
Ingeniería ambiental

Tabla 4. Cursos de Máster universitario ofrecidos por la ETSICCPB.

Máster Erasmus Mundus
Structural Analysis of Historical Constructions (SAHC)
Coastal and marine engineering and management (COMEM)
Computacional mechanics (CM)
European Master in Hydroinformatics and Water Management (EuroAqua)

Tabla 5. Cursos de Máster *Erasmus Mundus* ofrecidos por la ETSICCPB.

También cabe destacar que la Escuela tiene participación en otros cursos de Máster de otras escuelas de la Universidad Politécnica de Cataluña (como son el Máster en Logística, transporte y movilidad y el Máster en Sostenibilidad impartidos en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona) así como en otras universidades (Ciencias del Mar, Nanociencia y Nanotecnología, por ejemplo, impartido en la Facultad de Física de la Universidad de Barcelona).

En la Fig. 19 (www.upc.edu/dades) se muestra la evolución en los dos últimos cursos de los alumnos de Máster de la ETSICCPB donde se ha pasado de 80 alumnos a 159, casi el doble. Cabe decir que en la información del curso 2008-2009 no se ha tenido en cuenta los 60 alumnos del Máster de Ciencias del Mar, ni los 21 alumnos del Máster en Análisis Estructural de Monumentos y Construcciones Históricas (SAMHC) por no disponer de esta información en el curso anterior, lo que da un total de 240 alumnos en el curso 2008-2009.

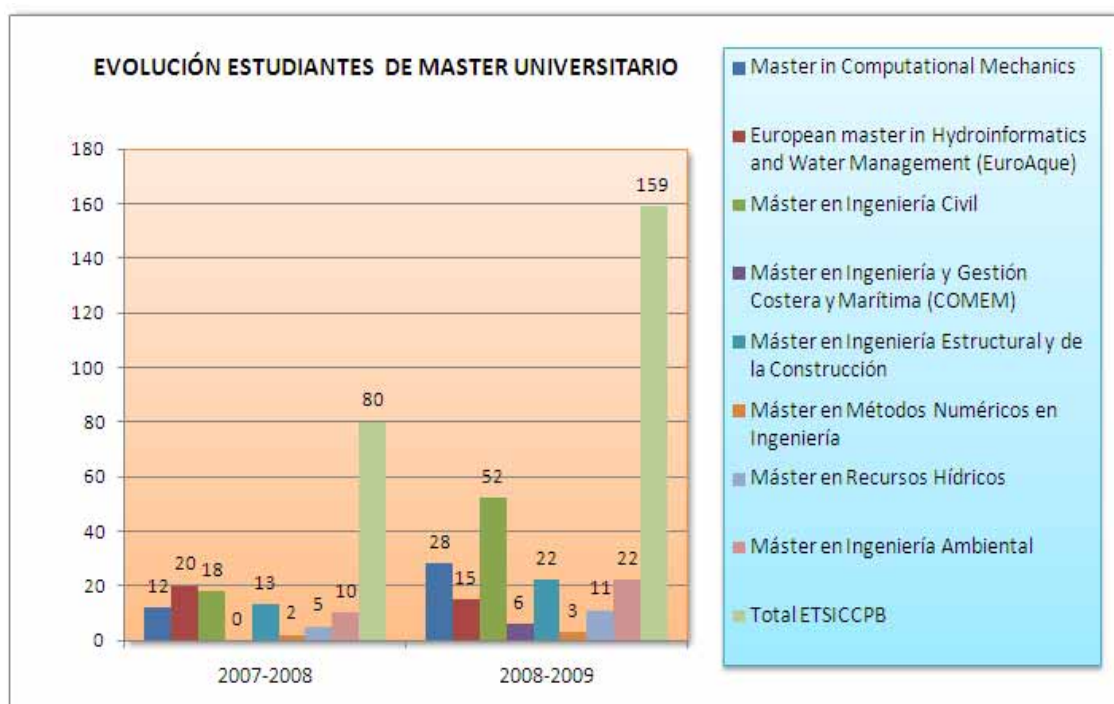


Figura 19. Evolución de alumnos de Master en la ETSICCPB.

El incremento de estudiantes de Máster se debe, muy probablemente, a la dificultad que tienen los estudiantes cuando acaban sus estudios, en encontrar un trabajo y por este motivo deciden continuar con una formación de tipo Máster.

✓ Estudios de **Doctorado**.

En 1986 la Escuela creó el programa de doctorado en Ingeniería Civil, un programa transversal que tiene como objetivo proporcionar una formación especializada de alto nivel en las áreas propias de la Ingeniería Civil y cuenta con la participación de todos los departamentos de la Escuela. El programa nació con una clara vocación internacional y, como consecuencia, parte de la docencia se imparte en lengua inglesa y un 66% del estudiantado matriculado en el programa procede del extranjero.

También cabe mencionar que el programa está reconocido con la mención de calidad a los programas de doctorado que otorga el antiguo Ministerio de Educación y Ciencia, actual Ministerio de Educación, desde el curso 2004-2005 (código: MCD2004-00341; 2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

Este programa en Ingeniería Civil está organizado en torno a seis grandes áreas: ingeniería de estructuras y construcción, ingeniería del terreno, ingeniería del agua, ingeniería del transporte y ordenación del territorio, ingeniería ambiental y sostenibilidad e ingeniería computacional.

Adicionalmente, los programas de Doctorado que ofrecen los departamentos de la ETSICCP son los siguientes:

- *Análisis Estructural* (Mención de Calidad desde 2005 a 2008).
- *Ciencias del Mar* (Mención de Calidad desde 2003 a 2008; en colaboración con otras escuelas de la UPC y con otras universidades participantes UB).
- *Ingeniería Ambiental* (Mención de Calidad desde 2004 a 2008).
- *Ingeniería Civil* (Mención de Calidad desde 2003 a 2008).
- *Ingeniería de la Construcción* (Mención de Calidad desde 2005 a 2008).
- *Ingeniería del Terreno* (Mención de Calidad desde 2004 a 2008).
- *Ingeniería e Infraestructuras del Transporte*.
- *Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural* (Mención de Calidad desde 2005 a 2008).

El número de estudiantes de Doctorado en la ETSICCPB en el curso 2007-2008 fue de 290 y 328 en el curso 2008-2009.

En la Tabla 6 (www.upc.edu/dades) se muestran los estudiantes de Doctorado de la Escuela clasificados por departamento.

DEPARTAMENTO	PROGRAMA DE DOCTORADO 2008-2009	ESTUDIANTES
250 ETSECCPB	Doctorado en Ingeniería Civil	86
706 EC	Doctorado en Ingeniería de la Construcción	53
708 ETCG	Doctorado en Ingeniería del Terreno	75
708 ETCG	Doctorado en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural	19
711 EHMA	Doctorado en Ciencias del Mar	36
722 ITT	Doctorado en Ingeniería e Infraestructuras del Transporte	22
737 RMEE	Doctorado en Análisis Estructural	45
TOTAL		336

Tabla 6. Programas de Doctorado por departamento en la ETSICCPB (2008-2009).

4.1.2. Personal Docente e Investigador y Personal de Administración y Servicios (PDI y PAS).

En este apartado se analiza el personal que actualmente trabaja en la ETSICCPB. Primeramente se muestra en la Fig.20 (www.upc.edu/dades) la evolución en los últimos años del personal docente e investigador (PDI):

El gráfico que se observa a lo largo de los años (2003-2010) no marca una tendencia clara del personal PDI de la Escuela. Sí se observa que en el curso académico 2004-2005 se produjo un aumento de 6 PDI. Esto representó un incremento del 3.4% del personal. No obstante, en los siguientes cursos académicos esta cifra ascendió marcando una tendencia variable hasta la actual de 194 PDI la más alta de los últimos años.

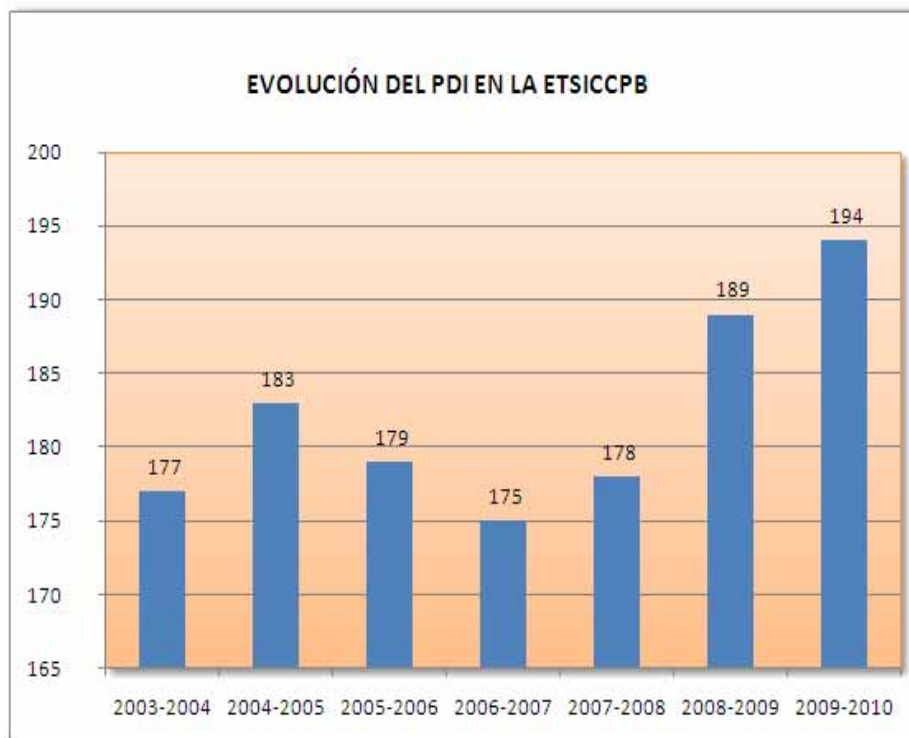


Figura 20. Evolución del PDI en la ETSICCPB

Si únicamente se observa el número de alumnos matriculados en las titulaciones de primer y segundo ciclo, puede parecer razonable esta situación. No obstante, dado que la Escuela está apostando por la formación de tercer ciclo (Másters, cursos de grado, etc.) y dicha formación debe ser absorbida en principio por el mismo PDI parece claro que en comparación con cursos anteriores existe una mayor carga actual para el profesorado.

En la Fig.21 (www.upc.edu/dades) se muestra la evolución de la relación que hay entre alumnos totales (ICCP, IG e ITOP) y PDI en los últimos años. Para obtener esta gráfica se ha sumado el número total de alumnos matriculados en las tres titulaciones de primer y segundo ciclo y se ha dividido por el total de PDI.

No se acaba de percibir de manera clara la tendencia, aunque ciertamente la fluctuación no es muy grande ya que los valores oscilan entre 11.20 estudiantes/PDI en el mejor de los casos y 13 estudiantes /PDI en el peor de ellos.

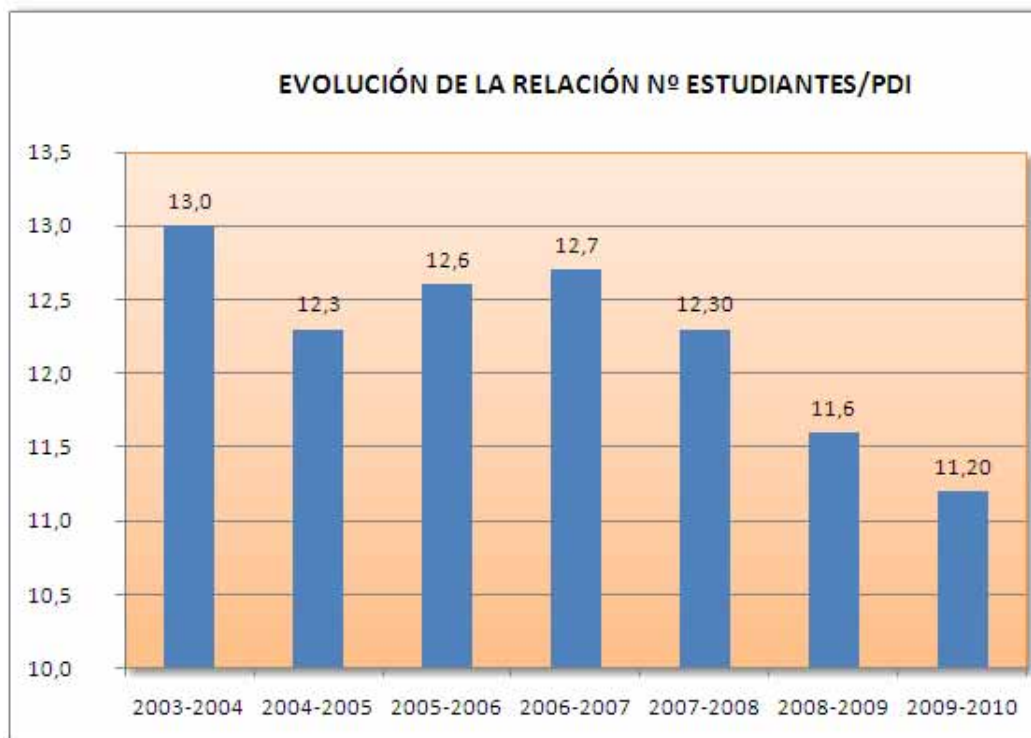


Figura 21. Evolución de la relación núm. estudiantes/PDI en la ETSICCPB.

Esto no quiere decir que cada profesor atienda a 11-13 alumnos, ya que hay profesores que imparten más de una asignatura y, por otro lado, no todo el personal PDI es profesor, ni da clases a alumnos.

Por otro lado, tal y como se muestra en la Fig.22 (www.upc.edu/dades), se ha analizado la evolución en los últimos años del Personal de Administración y Servicios (PAS) de la Escuela. Se observa un ligero aumento del PAS con el paso del tiempo. En el curso académico 2003-2004 el total de PAS era de 37 personas y en el curso 2009-2010 son de 42, lo que representa un incremento del 13.51%.

Paralelamente al crecimiento del personal, se observa que en el curso 2003-2004 estaba formado por 16 PAS pertenecientes al grupo de Personal funcionario y administración general y 21 PAS correspondiente a Personal laboral. Estas cifras no sólo han variado sino que se han invertido, siendo en el curso 2009-2010 23 PAS pertenecientes al grupo de Personal funcionario y administración general y 19 PAS correspondientes a Personal laboral

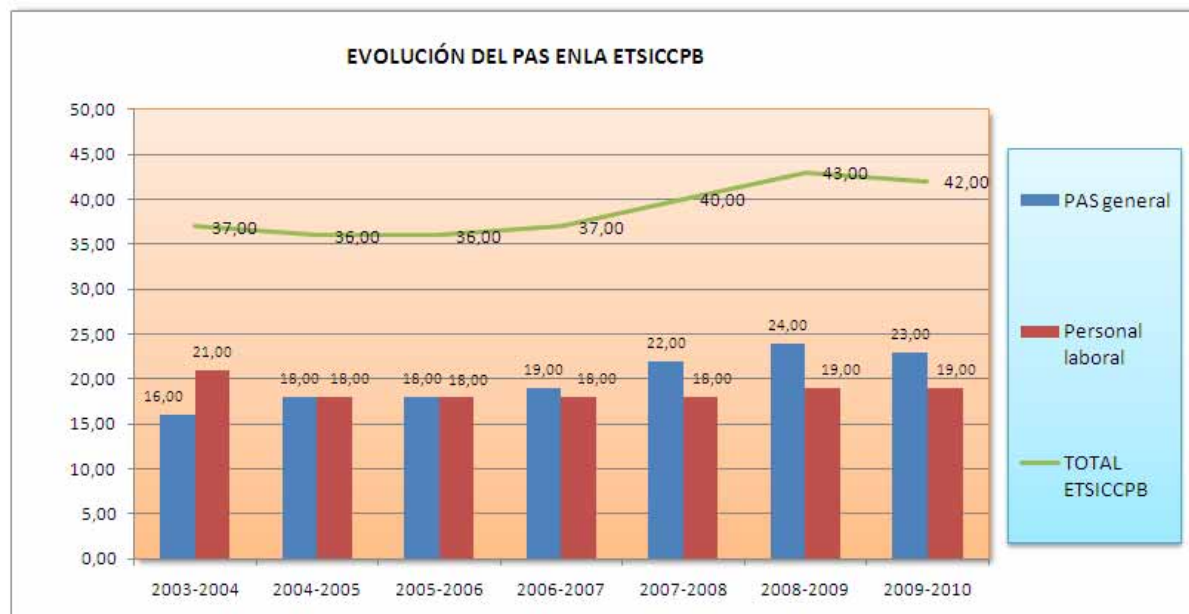


Figura 22. Evolución del PAS en la ETSICCPB.

4.1.3. Otros indicativos en la docencia.

Fruto de la red de relaciones con la sociedad, la Escuela ha suscrito convenios de colaboración con colegios profesionales (como la demarcación en Cataluña del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos y del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas; *CECCPC* y *CETOPC* *respectivamente*); instituciones públicas (como el Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat) y privadas, lo que ofrece un amplio abanico de posibilidades de cooperación; y el mundo empresarial, mediante los instrumentos que se comentan en los siguientes subapartados.

4.1.3.1. Programas de movilidad.

Desde su fundación, la Escuela ha tenido una vocación de apertura y proyección internacional que se ha traducido en el establecimiento de convenios y acuerdos de colaboración con instituciones de educación superior prestigiosas, tanto de Europa, como de Estados Unidos, América Latina o África. El objetivo de dichos acuerdos es fomentar la realización de proyectos de investigación conjuntos, los programas de intercambio y la movilidad del alumnado y del profesorado. Asimismo, la UPC aprobó durante el curso académico 2008-09 el *Plan de Política Internacional 2008-2015*. El plan describe como realizar el cambio de las relaciones internacionales a la plena internacionalización de la universidad. Además integra los aspectos

internacionales de todos los ámbitos de la actividad universitaria con el fin que la UPC sea una institución con vocación y posicionamiento internacional con un alto prestigio y reconocimiento externo.

Los acuerdos de colaboración permiten que el alumnado de la Escuela pueda realizar una estancia en una universidad o centro extranjero para realizar parte de sus estudios, la tesina o proyecto final de carrera dentro de los diferentes programas de intercambio internacionales, en los que la Escuela participa. La mayoría de estos intercambios se enmarcan dentro del programa de educación de la UE conocido como *Life-Long Learning Programme* (LLP)- Erasmus a través de los acuerdos bilaterales de intercambio. De hecho, en la actualidad, todos los estudiantes de las titulaciones de la Escuela que desean participar en los programas de intercambio disponen de plaza. También se han suscrito acuerdos de intercambio con instituciones de Estados Unidos de América, América Latina y África.

En estos últimos años la Escuela ha potenciado la firma de acuerdos de doble titulación con las instituciones europeas de mayor prestigio en el ámbito de la Ingeniería Civil. Actualmente dispone de acuerdos con la École Nationale des Ponts et Chaussées (Francia), el centro de referencia a nivel europeo en el campo de la Ingeniería Civil, la École Polytechnique (Francia), el Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (Francia), el Politecnico di Milano (Italia) y el “Group des Écoles Centrales”, una alianza de 5 grandes escuelas de Ingenieros francesas (École Centrale de Lille, École Centrale de Lyon, École Centrale de Nantes, École Centrale de Paris y École Généraliste d’Ingenieurs de Marseille) que nació en 1990 y que comparten una misma visión de la formación de ingenieros de alto nivel. El itinerario de doble titulación que, de momento, se ha definido es con la École Centrale de Nantes.

Como complemento a los estudios de ingeniería que imparte la Escuela se ha suscrito acuerdos que ofrecen al estudiantado la posibilidad de complementarlos con estudios de organización y gestión de empresas, como son el acuerdo de doble diploma suscrito con la École des Hautes Études Commerciales (HEC), el acuerdo para cursar el Master in Business Administration (MBA) en el Institut des Sciences Economiques et Commerciales (ESSEC) o el programa UNITECH Internacional. En esta misma línea de trabajo, se está estudiando con otras instituciones de prestigio de países como Alemania, Holanda, Italia y Suecia el establecimiento de nuevos acuerdos de doble diploma o bien de intercambio con instituciones de los Estados

Unidos de América. En la Tabla 7 se muestra la relación de universidades con las que la Escuela mantiene acuerdos bilaterales de intercambio.

Alemania	Aachen Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule (RWTH)
	Bauhaus Universität Weimar
	Brandenburgische Technische Universität Cottbus
	Technische Universität Dresden
	Technische Universität Darmstadt
	Universität Karlsruhe
	Universität Stuttgart
Austria	Vienna University of Technology
Bélgica	Université Catholique de Louvain-la-Neuve
	Université de Liege
	Université Libre de Bruxelles
	Universiteit Gent
Chequia	Ceské Vysoké Učení Technické v Praze
Colombia	Universidad de Medellín
Dinamarca	Aalborg Universitetscenter
	Technical University of Denmark
Eslovenia	Univerza v Ljubljana
EUA	Illinois Institute of Technology
	Purdue University
	University of Colorado at Boulder
Finlandia	Helsinki University of Technology
Francia	École Centrale de Nantes
	École des Ingénieurs de la Ville de Paris
	École des Mines d'Alès
	École Nationale des Ponts et Chaussées
	École Polytechnique
	École Normale Supérieure de Cachan
	École Nationale des Travaux Publics de l'État-Lyon
	École Spéciale des Travaux Publics
	ESSEC-École Supérieure des Sciences Économiques et Commerciales
	École des Hautes Études Commerciales-Paris
	INP de Grenoble
	INSA de Lyon
	INSA de Toulouse
	INP Lorraine - École des Mines de Nancy
	INP Lorraine - École Nationale Supérieure de Géologie
	Université de Nice Sophie-Antipolis
	Université des Sciences et Technologies de Lille
	Université Joseph Fournier
Grecia	Aristotle University of Thessaloniki
Hungría	Budapest University of Technology and Economics

Italia	Politecnico di Bari
	Politecnico di Milano
	Politecnico di Torino
	Università della Calabria
	Università degli Studi di Firenze
	Università degli Studi di Napoli Federico II
	Università degli Studi di Padova
	Università degli Studi di Pavia
	Università degli Studi di Roma (La Sapienza)
	Università degli Studi di Salerno
	Università di Basilicata
Marruecos	École Hassania des Travaux Publics
Noruega	NTNU Trondheim-Norwegian University of Science and Technology
Países Bajos	TU Delft
Polonia	Politechnika Gdanska
	Warsaw University of Technology
Portugal	Universidade do Évora
	Universidade do Minho
	Universidade do Porto
	Universidade Técnica de Lisboa
Reino Unido	Imperial College
	Swansea University
	The University of Glasgow
	University College London
	University of Aberdeen
	University of Bristol
	University of Newcastle
	University of Sheffield
	University of Wales College of Cardiff
Rumania	Univehnica de Constructii din Bucuresti
Suecia	Chalmers Tekniska Högskola Göteborg
	Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm
Suiza	École Polytechnique Fédérale de Lausanne
	ETH Zurich

Tabla 7. Relación de Universidades con las que la ETSICCPB mantiene acuerdos de intercambio.

También, la Escuela participa activamente en redes globales de prestigio como la European Civil Engineering Education and Training (EUCEET), financiada por el programa Sócrates de la Unión Europea, que tiene como objetivo mejorar y reforzar la calidad y la dimensión europea de la educación superior, a través de actuaciones para favorecer y fomentar la cooperación entre universidades europeas y el reconocimiento total de los estudios y las calificaciones académicas en todo el territorio europeo. Dentro de la red funcionan diversos grupos de trabajo que llevan a

cabo un gran número de estudios de gran interés para los agentes implicados en la educación superior del ámbito de la Ingeniería Civil. Estos estudios se han difundido tanto dentro de la comunidad académica de la Ingeniería Civil como a asociaciones profesionales, gobiernos, empresas, centros de investigación, etc. Actualmente la red cuenta con más de 130 miembros de la mayoría de países europeos.

Y finalmente la ETSICCPB participa en otras redes de universidades e instituciones de educación superior, como la red europea de universidades tecnológicas CLUSTER (Consortium Linking Universities of Science and Technology for Education and Research), UNITECH, un consorcio de universidades y empresas europeas que tiene como objetivo completar la formación técnica con formación a nivel de organización y gestión de empresas, compaginándolo con una estancia en el extranjero y la red CINDA (Centro Interuniversitario de Desarrollo), formada por importantes universidades de América Latina y Europa. Dentro del marco de estas redes se establece intercambios entre las distintas universidades a través de los cuales la Escuela acoge y envía estudiantes.

En la Tabla 8 (www.upc.edu/dades) se muestra para los cursos 2007-2008 y 2008-2009 el programa de movilidad, de la Escuela:

PROGRAMAS DE MOVILIDAD			
		ETSICCPB (2007-2008)	ETSICCPB (2008-2009)
Sócrates-Erasmus	Estudiantado incoming	69	55
	Estudiantado outgoing	45	54
Otros programas	Estudiantado incoming (1)	78	11
	Estudiantado outgoing (2)	22	24
<p>(1) Incluye estudiantes extranjeros con los siguientes programas: Doble Titulación, Convenios, América Latina, Free Mover, Ingeniería Europea de Materiales, UE-Canadá, UNITECH.</p> <p>(2) Incluye estudiantes de la UPC con los siguientes programas: América Latina, Suiza, UPC-Europa, Canadá, Japón, Leonardo, UPC-EUA, UPC-UNITECH.</p>			

Tabla 8. Programas de movilidad realizados en la ETSICCPB durante 2007-2008 y 2008-2009.

4.1.3.2. Convenios de cooperación educativa.

Los Convenios de Cooperación Educativa representan la oportunidad de incorporar estudiantes de últimos cursos para realizar prácticas profesionales en empresas. Así el curso 2006-07 se firmaron un total de 600 convenios de cooperación educativa con 180 empresas e instituciones del sector de la Ingeniería Civil para acoger estudiantes de los últimos cursos de la Escuela en prácticas.

En la Tabla 9 (www.upc.edu/dades) se presenta el número de estudiantes, los ingresos, y el número de Convenios de Cooperación Educativa firmados los cursos académicos 2001-2002, 2007-2008 y 2008-2009 en la ETSICCPB.

2001-2002			
	Estudiantes	Convenios	Importe de los convenios
ICCP	199	256	581.259,94
IG	33	43	74.468,53
ITOP	87	120	225.203,60
TOTAL	319	419	880.932,07
2007-2008			
	Estudiantes	Convenios	Importe de los convenios
ICCP	222	257	702.099,29
IG	38	55	115.628,60
ITOP	207	227	631.270,36
TOTAL	467	539	1.448.998,25
2008-2009			
	Estudiantes	Convenios	Importe de los convenios
ICCP	166	210	561.543,42
IG	50	65	208.022,28
ITOP	147	194	524.738,34
TOTAL	363	469	1.294.304,04

Tabla 9. N° convenios de cooperación firmados en: [2001-2002], [2007-2008] y [2008-2009].

4.1.3.3. Cátedras y otras modalidades de cooperación Escuela-Empresa.

La Escuela ofrece el programa ‘Camino para la Empresa’ para consolidar los vínculos que ya tiene con el entorno empresarial e institucional del ámbito de la Ingeniería Civil. Este programa integra, en un marco global, toda una serie de actuaciones encaminadas a potenciar las relaciones entre la empresa, las instituciones y la Escuela con el objetivo de obtener acuerdos para aprovechar el capital humano e intelectual de la Escuela, facilitar una óptima transferencia del conocimiento, impulsar conjuntamente la I+D+i y aportar soluciones a los problemas reales

del sector. Actualmente hay relaciones con el Departamento de Política Territorial y de Obras Públicas de la *Generalitat*, la demarcación en Cataluña del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas.

Desde la Escuela se contribuye activamente a potenciar la investigación y el conocimiento. Las empresas acceden a su red de personal investigador de alto nivel mediante acuerdos y espacios de encuentros. Existen las siguientes modalidades de cooperación. (*Programa caminos para la empresa. Tríptico de la Escuela 2009*):

- ✓ **Cátedras y aulas de empresa.** Son instrumentos para formalizar acuerdos de colaboración duraderos en actividades relacionadas con la docencia, la investigación y la transferencia de conocimiento entre la universidad y las empresas. Se organizan seminarios, jornadas, conferencias y cursos específicos. El objetivo de las cátedras y aulas de empresa es transferir los resultados de la investigación y del conocimiento en temas de interés mutuo, ya que la empresa financia y propone temas que le interesan para proyectos de investigación-formación y la Escuela colabora poniendo a su alcance la infraestructura y los recursos humanos (personal investigador de prestigio).

Actualmente hay convenios de colaboración o de cátedra de empresa con las 9 siguientes: Cátedra Abertis, Cátedra Agbar, Cátedra Celsa, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Grupo Comsa, Cátedra VMO (Victoriano Muñoz Oms), Departamento de Política Territorial y de Obras Públicas de la *Generalitat*, Cátedra ITER (Copisa, Fomento-Construcciones y Contratas, Guinovart y Rubau) e Ineco.

La Escuela organiza también una serie de actividades para facilitar el conocimiento mutuo entre estudiantes y empresas. Como ejemplo de estas prácticas, la Escuela ofrece (*dossier Programa caminos para la empresa, 2009*):

- **FuturCivil.** Es un foro anual que acerca tanto al alumno como a la empresa para que se conozcan mutuamente a través de las siguientes actividades:

- *Foro de empresas.* El alumnado contacta directamente con el personal representante de cada empresa para conocer las distintas posibilidades y salidas profesionales.
 - *Cafés coloquio.* Se establece un trato directo entre la empresa y un grupo reducido de futuros ingenieros donde la empresa se da a conocer.
 - *Revista FuturCivil.* Es una revista con información de todas las empresas participantes, que se reparte entre las personas asistentes al foro y se distribuye a instituciones relacionadas con la obra pública.
 - *Jornada de Ingeniería Geológica.* Encuentro anual entre miembros de la comunidad universitaria y del ámbito profesional en el que se debate y se dan a conocer temas de interés para el futuro de estos profesionales y su inserción laboral.
-
- **Presentaciones de empresas.** La Escuela facilita salas y aulas equipadas adecuadamente donde la empresa da información corporativa, sobre proyectos, nuevas líneas de trabajo y perfiles de puestos de trabajo por cubrir.
 - **Visitas de obras.** La Escuela organiza viajes docentes a obras, entendiendo que son una oportunidad única para dar a conocer la profesión.
-
- ✓ **Jornadas I+D+i en la Ingeniería Civil.** Es un espacio de encuentro de periodicidad anual y de ámbito estatal entre las empresas y las instituciones con los grupos de investigación y el personal investigador de la Escuela. Los objetivos de las jornadas son: acercar la investigación al sector productivo, dar a conocer la tecnología emergente, estar al día de los últimos avances, fomentar sinergias y explorar nuevas vías de colaboración.
 - ✓ **Actividades de difusión de la investigación.** La Escuela organiza, cada año, más de 100 actividades de difusión de la investigación y transferencia de resultados de interés para las empresas e instituciones. Las empresas miembros de estas actividades pueden acceder a seminarios, workshops, jornadas técnicas, congresos, conferencias, etc.

4.2. Investigación y producción científica.

Las aportaciones por investigación de la Escuela se resumen en los siguientes apartados.

4.2.1. Actividades desarrolladas en los departamentos.

La ETSICCPB es un centro de referencia a nivel europeo; la tradición investigadora se ha mantenido desde sus inicios hasta la actualidad, donde su actividad es sobresaliente. El número de publicaciones en revistas indexadas Science Citation Index (SCI) es muy elevado (100 profesores doctores a tiempo completo tienen una media de 17 artículos en revistas indexadas en las áreas de ingeniería de la construcción y estructuras, ingeniería hidráulica y del medio ambiente, ingeniería del terreno y geociencias, mecánica computacional, matemática aplicada, ingeniería del transporte y del territorio). Un 5% del profesorado ha publicado más de 50 artículos SCI, una productividad, en relación a la edad, homologable a las mejores universidades del mundo. Asimismo, el PDI participa habitualmente en el consejo editorial de 27 revistas indexadas.

4.2.1.1. Actividades personales.

La ETSICCPB presenta una gran actividad a nivel de todos de los departamentos que la componen. En la Tabla 10 (www.upc.edu/dades) se muestra, por departamento, la evolución de las actividades realizadas en los últimos años.

2007-2008																			
Depart.	Tesis dirigidas	Patentes		Premios		Concursos arquitectura		Premios doctorado		Organización de actos									
		Nac.	Int.	Nac.	Int.	Nac.	Int.	Lectura	Dirección	Conferencia Nac.	Int.	Congresos Nac.	Int.	Exposiciones Nac.	Int.	Simposios Nac.	Int.	Jornada Nac.	Int.
706 EC	8	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	-
708 ETCG	7	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
711 EHMA	5	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1
722 ITT	4	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
727 MA3	2	1	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	1	-
737 RMEE	7	1	-	1	4	-	-	1	1	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
TOTAL	33	3	-	3	10	-	-	1	1	1	1	1	9	-	-	-	-	6	1

2006-2007																			
Depart.	Tesis dirigidas	Patentes		Premios		Concursos arquitectura		Premios doctorado		Organización de actos									
		Nac.	Int.	Nac.	Int.	Nac.	Int.	Lectura	Dirección	Conferencia Nac.	Int.	Congresos Nac.	Int.	Exposiciones Nac.	Int.	Simposios Nac.	Int.	Jornada Nac.	Int.
706 EC	8	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
708 ETCG	7	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
711 EHMA	5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	2	1
722 ITT	4	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
727 MA3	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	1	1
737 RMEE	7	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	33	1	-	3	4	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3	2

2005-2006																			
Depart.	Tesis dirigidas	Patentes		Premios		Concursos arquitectura		Premios doctorado		Organización de actos									
		Nac.	Int.	Nac.	Int.	Nac.	Int.	Lectura	Dirección	Conferencia Nac.	Int.	Congresos Nac.	Int.	Exposiciones Nac.	Int.	Simposios Nac.	Int.	Jornada Nac.	Int.
706 EC	13	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
708 ETCG	8	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
711 EHMA	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	2
722 ITT	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
727 MA3	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	1
737 RMEE	4	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	34	2	-	4	6	-	-	-	1	1	-	2	2	-	-	-	-	3	4

2004-2005																			
Depart.	Tesis dirigidas	Patentes		Premios		Concursos arquitectura		Premios doctorado		Organización de actos									
		Nac.	Int.	Nac.	Int.	Nac.	Int.	Lectura	Dirección	Conferencia Nac.	Int.	Congresos Nac.	Int.	Exposiciones Nac.	Int.	Simposios Nac.	Int.	Jornada Nac.	Int.
706 EC	7	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
708 ETCG	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1
711 EHMA	10	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	1	2
722 ITT	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
727 MA3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
737 RMEE	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	35	-	-	1	2	-	-	1	1	2	-	-	2	-	-	1	1	1	3

Tabla 10. Evolución de actividades por departamentos.

EVOLUCIÓN DE TESIS LEÍDAS POR DEPARTAMENTO								
Depart.	93/94	00/01	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08
706 EC	5	8	7	5	7	13	8	8
708 ETCG	4	7	3	8	5	8	7	7
711 EHMA	3	7	2	8	10	2	5	5
722 ITT	1	1	4	1	5	2	4	4
727 MA3	1	3	1	2	7	5	2	2
737 RMEE	2	1	7	2	1	4	7	7
TOTAL	16	27	24	26	35	34	33	33

Tabla 11. Evolución del total de TESIS leídas en la ETSICCPB por departamento.

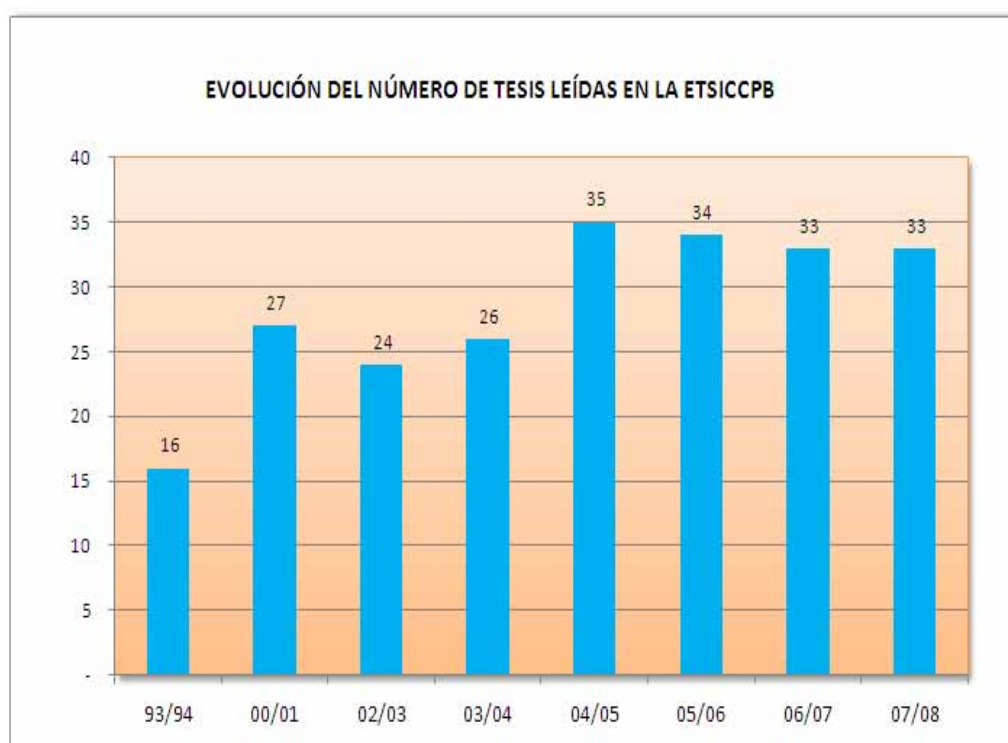


Figura 23. Evolución del total de TESIS leídas en la ETSICCPB.

En la Fig.23 se observa que desde el curso 93/94 al curso 07/08 el número de tesis leídas se ha duplicado pasando de 16 a 33, lo que indica que en los últimos años, la investigación en la escuela ha aumentado significativamente.

En la Fig.24 (www.upc.edu/dades) se presenta, a modo de resumen, la evolución, teniendo en cuenta todos los departamentos, del total de actividades (tesis, patentes, premios, etc.) realizadas en la ETSICCPB.

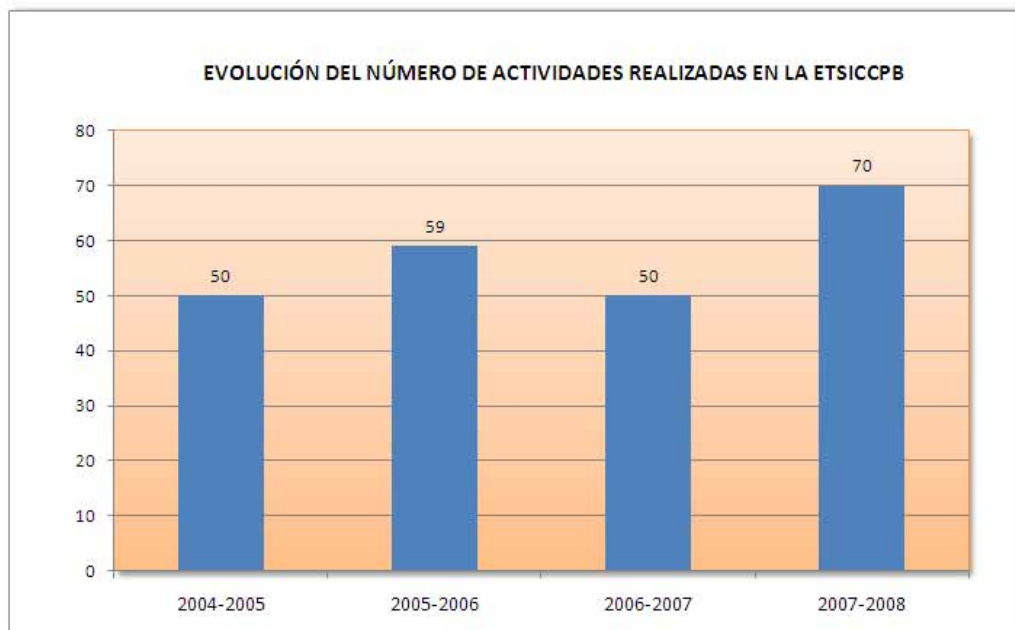


Figura 24. Evolución del total de actividades en la ETSICCPB.

En la Fig.24 se puede ver nuevamente como en los últimos años el total de actividades se ha incrementado en un 40% pasando de 50 a 70 en tan solo 4 años.

Publicaciones. Ediciones UPC.

Edicions UPC, SL es la Editorial de la Universidad Politécnica de Cataluña, creada en 1994 con la finalidad de dar respuesta a las necesidades docentes de los estudiantes y de canalizar las iniciativas del profesorado relativas a las publicaciones. Dicho objetivo inicial se ha ampliado con la misión de difundir la producción escrita de la UPC en los ámbitos universitario y profesional. Como resultado del trabajo realizado, el catálogo de las ediciones UPC supera los 500 títulos, todos ellos sobre las diversas disciplinas científico-técnicas que se imparten en la UPC: materias básicas, arquitectura, ingenierías, informática, náutica y óptica. Los libros de Edicions UPC tienen una distribución a escala nacional que ha posibilitado su utilización en otras universidades.

En las Tabla 12 (www.upc.edu/dades) se muestra, por departamento, la evolución de las publicaciones realizadas en los últimos años en la ETSICCPB.

2007-2008																	
Depart.	Libros	Capítulos	Edición libros	Artículos de revista				Actos de congresos notables	Conferencias		Comunicaciones y ponencias		Pósters		Publicac. sobre la obra de un prof.	Reports	
				Grup CTA	Grup DIV	Grup N (JCR)	Grup N (UPC)		Nac.	Int.	Nac.	Int.	Nac.	Int.		Investig.	Trabajo
706 EC	7	9	4	17	3	26	5	6	9	10	67	58	2	3	-	72	36
708 ETCG	1	7	1	19	6	72	10	12	-	11	13	63	-	10	-	32	9
711 EHMA	2	17	-	9	-	57	1	4	-	1	8	27	-	4	1	30	26
722 ITT	10	18	1	10	9	8	10	-	1	3	15	26	-	3	-	35	2
727 MA3	2	26	-	68	30	106	2	14	1	12	28	70	9	6	-	44	10
737 RMEE	2	5	1	8	-	42	5	10	6	7	7	29	1	5	-	-	63
TOTAL	24	82	7	131	48	311	33	46	17	44	138	273	12	31	1	213	146

2006-2007																	
Depart.	Libros	Capítulos	Edición libros	Artículos de revista				Actos de congresos notables	Conferencias		Comunicaciones y ponencias		Pósters		Publicac. sobre la obra de un prof.	Reports	
Grup CTA	Grup DIV	Grup N (JCR)	Grup N (UPC)	Nac.	Int.	Nac.	Int.	Nac.	Int.	Investig.	Trabajo						
706 EC	8	6	-	6	6	25	2	2	3	4	11	17	5	3	-	60	35
708 ETCG	1	13	-	11	1	48	1	12	-	3	13	55	4	11	-	43	66
711 EHMA	1	2	1	3	4	43	-	12	-	1	9	33	-	2	-	9	8
722 ITT	5	1	-	3	6	4	2	-	2	1	8	4	-	1	-	23	17
727 MA3	4	-	-	79	13	53	1	9	1	9	12	54	3	5	-	27	2
737 RMEE	1	1	1	3	-	27	4	-	-	3	3	12	1	4	-	1	-
TOTAL	20	23	2	105	30	200	10	35	6	21	56	175	13	26	-	163	128
2005-2006																	
Depart.	Libros	Capítulos	Edición libros	Artículos de revista				Actos de congresos notables	Conferencias		Comunicaciones y ponencias		Pósters		Publicac. sobre la obra de un prof.	Reports	
Grup CTA	Grup DIV	Grup N (JCR)	Grup N (UPC)	Nac.	Int.	Nac.	Int.	Nac.	Int.	Investig.	Trabajo						
706 EC	6	-	-	5	1	23	6	-	5	3	25	47	-	1	-	28	48
708 ETCG	2	19	3	21	7	23	2	27	1	8	29	55	6	14	-	22	59
711 EHMA	2	7	-	2	1	15	1	4	1	-	1	15	-	2	-	2	12
722 ITT	3	3	-	-	2	4	-	-	-	-	18	15	-	-	-	24	3
727 MA3	1	8	3	65	23	48	1	19	2	10	25	42	6	9	-	92	4
737 RMEE	2	1	2	7	-	11	2	5	1	9	6	18	2	1	-	10	4
TOTAL	16	38	8	100	34	124	12	55	10	30	104	192	14	27	-	178	130
2004-2005																	
Depart.	Libros	Capítulos	Edición libros	Artículos de revista				Actos de congresos notables	Conferencias		Comunicaciones y ponencias		Pósters		Publicac. sobre la obra de un prof.	Reports	
Grup CTA	Grup DIV	Grup N (JCR)	Grup N (UPC)	Nac.	Int.	Nac.	Int.	Nac.	Int.	Investig.	Trabajo						
706 EC	3	15	4	4	1	9	6	-	3	10	15	41	-	1	-	57	40
708 ETCG	2	27	5	19	3	32	2	10	1	11	20	87	3	16	-	78	80
711 EHMA	-	2	-	4	-	18	3	8	1	1	1	31	-	3	-	7	5
722 ITT	4	6	-	6	2	3	-	-	2	3	8	23	-	1	-	24	5
727 MA3	1	3	1	68	7	38	1	6	-	4	24	68	5	11	-	54	2
737 RMEE	4	1	2	5	-	7	1	-	2	5	7	23	1	5	-	10	16
TOTAL	14	54	12	106	13	107	13	24	9	34	75	273	9	37	-	230	148

Tabla 12. Evolución de las publicaciones por departamentos de la ETSICCPB.

En la Fig.25 (www.upc.edu/dades) se presenta, a modo de resumen, la evolución, teniendo en cuenta todos los departamentos, del total de actividades realizadas en la ETSICCPB.

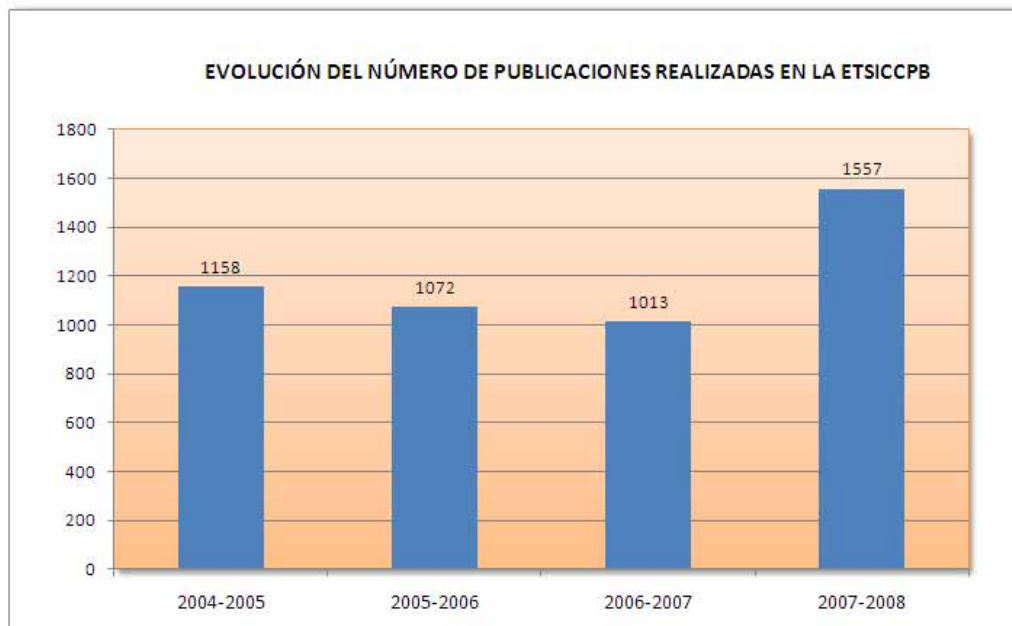


Figura 25. Evolución de las publicaciones realizadas en la ETSICCPB.

La Fig.25 muestra nuevamente el incremento de actividades realizadas en los departamentos de la Escuela. En este caso se observa que las publicaciones han aumentado un 34.4% en tan solo 4 años.

4.2.1.2. Investigación y transferencia de tecnología. Datos económicos.

Mediante el CTT (Centro de Transferencia de Tecnología) la UPC facilita la investigación y potencia la innovación tecnológica a través de la transferencia de resultados. Dicho centro es puesto al alcance de las entidades de investigación de la UPC (departamentos, grupos de investigación, etc.) y de las empresas, tanto nacionales como del extranjero. Se configura como instrumento clave de la universidad que proporciona las mejores alternativas tecnológicas y facilita el asesoramiento estratégico en financiación pública para el desarrollo de proyectos de I+D+i. El CTT está al servicio de todas las empresas, tanto de las grandes industrias como de las pymes, de las instituciones públicas o privadas y de las entidades de cualquier tipo que quieran beneficiarse de las actividades de investigación y de desarrollo tecnológico que lleva a cabo la UPC, ya que la universidad resulta ser el departamento de I+D+i del sector industrial del país.

El número de proyectos de investigación que está llevando a cabo actualmente el profesorado de la Escuela es muy elevado. Estos se realizan en los departamentos de la misma a través de los grupos de investigación y son gestionados por el CTT o bien por los centros vinculados Centro Internacional de Investigación de los Recursos Costeros (CIIRC), Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), Centro de Innovación del Transporte (CENIT) y la Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS).

En la Tabla 13 (www.upc.edu/dades) se muestra, por departamento, la evolución de los ingresos gestionados por el CTT en los últimos años en los distintos departamentos de la Escuela:

INGRESOS GESTIONADOS POR EL C.T.T. (DPTO: INGENIERIA DE LA CONSTRUCCIÓN)					
	2004	2005	2006	2007	2008
Convenios y Servicios	1.036.717,97	1.242.232,50	1.421.137,92	1.331.763,20	1.687.169,60
Programas europeos	75.040,88	175.646,53	137.790,12	1.042.927,97	105.826,21
Programas estatales y	293.254,15	477.263,15	923.053,72	117.104,86	421.957,77
Otras subvenciones e ingresos	23.533,78	131.648,52	68.689,56	-	-
TOTAL EC	1.428.546,78	2.026.790,70	2.550.671,32	2.491.796,03	2.214.953,58
INGRESOS GESTIONADOS POR EL C.T.T. (DPTO: INGENIERIA DEL TERRENO CARTOGRÁFICA Y GEOFÍSICA)					
	2004	2005	2006	2007	2008
Convenios y Servicios	670.924,39	994.184,57	1.241.437,19	1.121.913,06	790.557,07
Programas europeos	169.214,00	200.239,18	457.529,32	777.694,56	44.442,66
Programas estatales y	238.761,00	222.129,50	727.260,97	187.757,00	1.051.910,88
Otras subvenciones e ingresos	176.958,31	137.329,00	246.291,90	-	-
TOTAL ETCG	1.255.857,70	1.553.882,25	2.672.519,38	2.087.364,62	1.886.910,61
INGRESOS GESTIONADOS POR EL C.T.T. (DPTO: INGENIERIA HIDRÁULICA, MARÍTIMA Y AMBIENTAL)					
	2004	2005	2006	2007	2008
Convenios y Servicios	586.133,34	448.989,11	453.966,49	498.142,17	922.401,83
Programas europeos	41.716,12	86.463,88	-	105.931,84	62.917,26
Programas estatales y	125.900,00	60.165,00	141.260,04	109.584,00	713.857,37
Otras subvenciones e ingresos	37.215,10	104.575,07	29.428,69	-	-
TOTAL EHMA	790.964,56	700.193,06	624.655,22	713.658,01	1.699.176,46
INGRESOS GESTIONADOS POR EL C.T.T. (DPTO: INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE Y TERRITORIO)					
	2004	2005	2006	2007	2008
Convenios y Servicios	493.996,43	859.266,07	761.531,87	1.095.543,34	1.170.607,46
Programas europeos	6.021,69	-	-	96.470,14	-
Programas estatales y	41.150,00	64.694,00	87.166,68	-	149.988,20
Otras subvenciones e ingresos	-	-	3.189,92	-	-
TOTAL ITT	540.717,36	923.960,07	851.888,47	1.192.013,48	1.320.595,66
INGRESOS GESTIONADOS POR EL C.T.T. (DPTO: MATEMÁTICA APLICADA III)					
	2004	2005	2006	2007	2008
Convenios y Servicios	107.011,22	40.337,93	114.482,76	66.109,33	94.416,26
Programas europeos	209.193,24	63.751,14	135.271,34	423.200,08	10.813,97
Programas estatales y	108.392,00	153.717,00	224.376,52	102.261,31	801.718,79
Otras subvenciones e ingresos	73.239,68	48.959,39	97.268,50	-	-
TOTAL MA III	497.836,14	306.765,46	571.399,12	591.570,72	906.949,02
INGRESOS GESTIONADOS POR EL C.T.T. (DPTO: RESISTENCIA DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS EN LA ING.)					
	2004	2005	2006	2007	2008
Convenios y Servicios	136.015,49	187.328,43	233.970,00	231.762,99	262.504,02
Programas europeos	-	-	-	223.103,05	-
Programas estatales y	30.046,00	228.828,00	272.341,02	-	102.994,71
Otras subvenciones e ingresos	13.635,52	10.100,00	3.050,00	-	-
TOTAL RMEE	179.697,01	426.256,43	509.361,02	454.866,04	365.498,73

Tabla 13. Evolución de ingresos gestionados por el CTT en los departamentos.

En la Fig.26 (www.upc.edu/dades) se representa, a modo de resumen, la evolución, teniendo en cuenta todos los departamentos, de los ingresos gestionados por el CTT en distintos programas en la ETSICCPB.

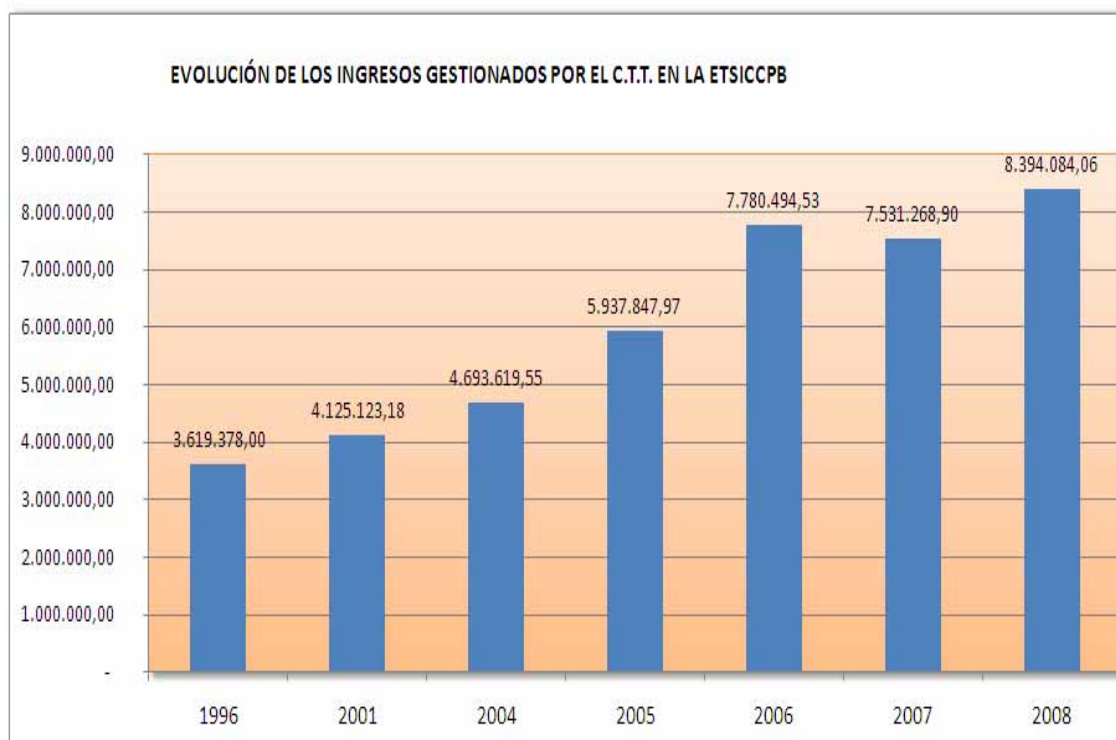


Figura 26. Evolución de ingresos gestionados por el CTT en distintos programas en la ETSICCPB.

En la Fig.26 se observa que el incremento de los ingresos gestionados por el CTT ha pasado de 3.6M€ a 8.4M€, lo que representa un incremento del 130% desde el 1996.

4.2.1.3. Proyectos firmados.

Otra de las formas de medir la actividad de una escuela es teniendo en cuenta los convenios y programas (europeos y nacionales) que se desarrollan en ella así como su importe. La Escuela presenta una gran actividad en este campo a nivel de todos de los departamentos que la componen. En la Tabla 14 (www.upc.edu/dades) se muestra, por departamento, la evolución de los proyectos firmados en los últimos años.

PROYECTOS FIRMADOS (DPTO: INGENIERIA DE LA CONSTRUCCIÓN)						
		2004	2005	2006	2007	2008
Convenios	Número	20	25	24	24	26
	Importe (€)	1.562.528,54	886.981,15	1.563.351,69	732.433,27	1.500.901,02
Programas europeos	Número de proyectos	1	1	2	-	-
	Importe proyectos (€)	28.407,45	31.916,20	198.835,00	-	-
Programas nacionales	Número de proyectos R+D	1	3	2	5	8
	Importe proyectos (€) R+D	144.450,00	240.140,00	173.675,00	289.841,00	575.093,00
Otros		26.580,00	435.529,00	-	-	-
PROYECTOS FIRMADOS (DPTO: INGENIERIA DEL TERRENO CARTOGRAFICA Y GEOFÍSICA)						
		2004	2005	2006	2007	2008
Convenios	Número	9	11	17	18	18
	Importe (€)	1.364.704,78	729.359,32	876.595,12	646.503,79	860.012,06
Programas europeos	Número de proyectos	-	1	4	1	-
	Importe proyectos (€)	-	186.271,71	469.272,23	93.510,00	-
Programas nacionales	Número de proyectos R+D	4	1	8	6	6
	Importe proyectos (€) R+D	407.100,00	43.355,00	652.047,00	398.490,00	1.176.443,00
	Importe otros (€)	69.950,00	125.000,00	297.624,87	-	-
Altres		31.853,00	-	-	-	-
PROYECTOS FIRMADOS (DPTO: INGENIERIA HIDRÁULICA, MARÍTIMA Y AMBIENTAL)						
		2004	2005	2006	2007	2008
Convenios	Número	8	17	14	17	24
	Importe (€)	252.305,90	721.368,83	190.131,59	518.852,14	797.736,86
Programas europeos	Número de proyectos	-	-	1	-	-
	Importe proyectos (€)	-	-	101.735,00	-	-
Programas nacionales	Número de proyectos R+D	1	2	1	3	10
	Importe proyectos (€) R+D	84.450,00	175.644,00	2.025,00	210.428,40	666.271,00
Otros		6.000,00	37.600,00	-	-	-
PROYECTOS FIRMADOS (DPTO: INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE Y TERRITORIO)						
		2004	2005	2006	2007	2008
Convenios	Número	10	18	13	11	13
	Importe (€)	390.178,99	797.815,00	571.801,50	455.441,03	689.109,47
Programas europeos	Número de proyectos	-	-	-	-	-
	Importe proyectos (€)	-	-	-	-	-
Programas nacionales	Número de proyectos R+D	1	-	2	-	-
	Importe proyectos (€) R+D	6.900,00	-	135.718,00	-	-
Otros		-	65.400,00	-	-	-
PROYECTOS FIRMADOS (DPTO: MATEMÁTICA APLICADA III)						
		2004	2005	2006	2007	2008
Convenios	Número	-	1	1	-	4
	Importe (€)	-	100.000,00	10.344,82	-	127.453,82
Programas europeos	Número de proyectos	2	-	3	1	1
	Importe proyectos (€)	235.228,00	-	179.454,58	55.757,00	70.110,00
Programas nacionales	Número de proyectos R+D	3	2	5	7	10
	Importe proyectos (€) R+D	241.850,00	143.990,00	236.935,00	645.358,00	707.995,00
Otros		24.665,00	67.500,00	4.333,70	-	-
PROYECTOS FIRMADOS (DPTO: RESISTENCIA DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS EN LA INGENIERÍA)						
		2004	2005	2006	2007	2008
Convenios	Número	2	2	6	8	6
	Importe (€)	72.267,00	50.925,00	147.822,00	154.300,00	396.598,00
Programas europeos	Número de proyectos	-	-	-	-	-
	Importe proyectos (€)	-	-	-	-	-
Programas nacionales	Número de proyectos R+D	2	4	2	3	4
	Importe proyectos (€) R+D	60.950,00	220.388,00	37.500,00	44.000,00	106.687,00
Otros		15.786,00	132.669,00	-	-	-

Tabla 14. Evolución de los proyectos firmados por departamento.

En la Fig.27 y 28 (www.upc.edu/dades) se representa, a modo de resumen, la evolución, teniendo en cuenta todos los departamentos, de los proyectos firmados (convenios, programas europeos y nacionales) en la ETSICCPB.

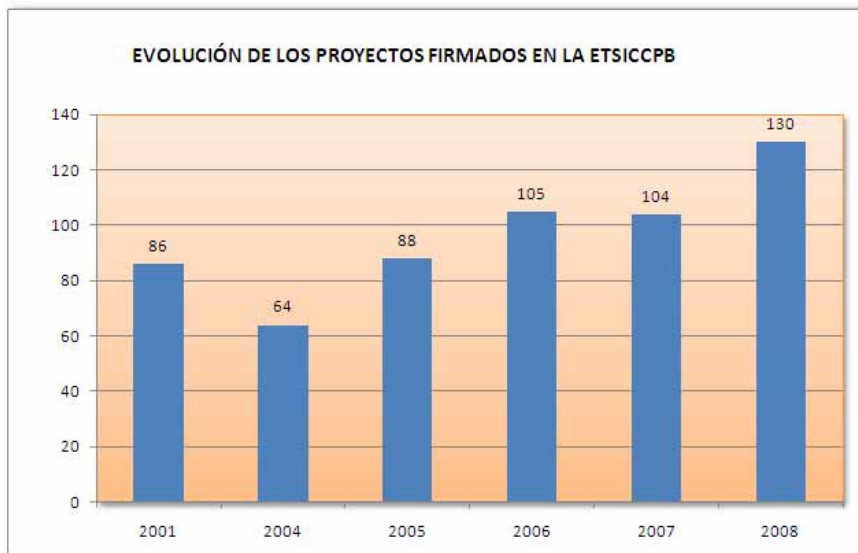


Figura 27. Evolución de los proyectos firmados en la ETSICCPB.

En la Fig.27 se observa un incremento del 51% en los proyectos firmados por la ETSICCPB en el último año.

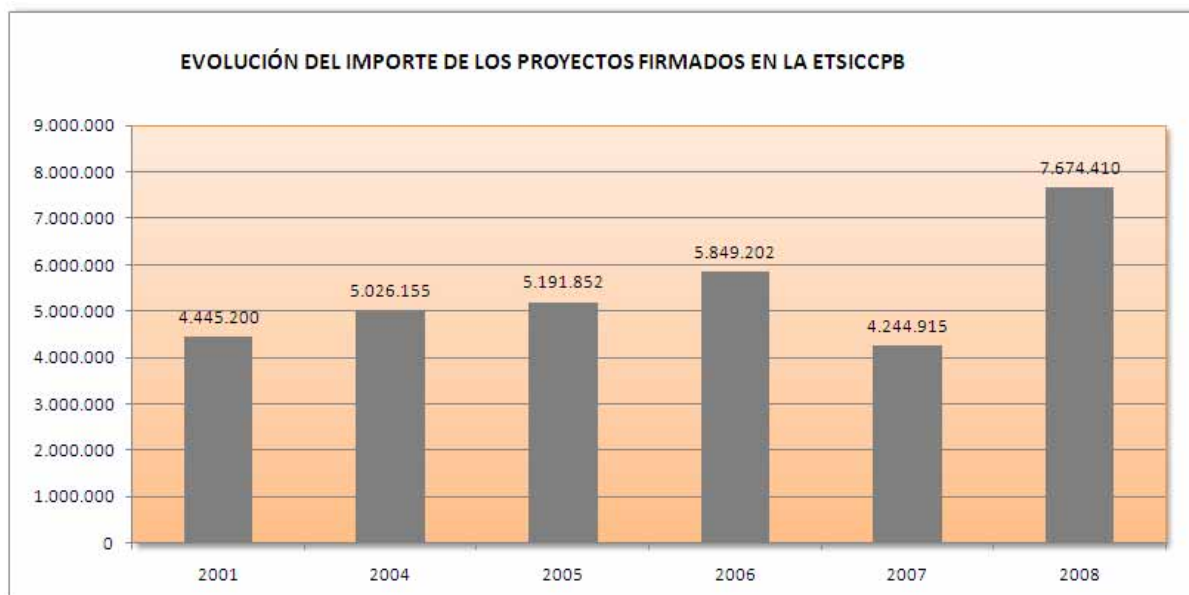


Figura 28. Evolución del importe de los proyectos firmados en la ETSICCPB.

En la Fig.28 se observa un incremento del 73% en el importe de los proyectos firmados por la ETSICCPB en el último año.

4.2.2. Grupos de Investigación de la ETSICCPB.

En la Escuela, en estos momentos, son numerosos los grupos de investigación que están desarrollando su actividad en sus instalaciones y que forman parte de la generación de conocimiento que la ETSICCPB exporta. Los grupos de investigación actuales son los siguientes (*tríptico de grupos de investigación de la ETSICCPB, 2009*):

- (MC)2 -Mecánica Computacional en Medios Continuos.
- CODALAB -Control, Dinámica y Aplicaciones.
- CRAHI -Centro de Investigación Aplicada en Hidrometeorología.
- DF -Dinámica No Lineal de Fluidos.
- FLUMEN –Grupo de Investigación en Dinámica Fluvial e Ingeniería Hidrológica.
- GEMMA- Grupo de Ingeniería y Microbiología MedioAmbiental.
- GHS- Grupo de Hidrología Subterránea.
- GIES- Geofísica e Ingeniería Sísmica.
- LACÀN- Grupo de Métodos Numéricos en Ciencias Aplicadas e Ingeniería.
- LIM/UPC- Laboratorio de Ingeniería Marítima.
- MATCAR- Materiales de Construcción y Carreteras.
- MSR- Mecánica de Suelos y de las Rocas.
- SC-SIMBIO- Sistemas Complejos. Simulación Discreta de Materiales y de Sistemas Biológicos.
- TE- Tecnología de Estructuras.
- VARIDIS- Variedades Riemannianas Discretas y Teoría del Potencial.

La Escuela, desde que se creó hace más de 35 años, ha estado siempre vinculada al entorno social. La fuerza conjunta entre el mundo académico, las instituciones y el mundo profesional ha impulsado a que la ETSICCPB sea un referente en el ámbito de la Ingeniería Civil.

Los centros de investigación que desarrollan transferencia de tecnología en el ámbito de la Ingeniería Civil y el medio ambiente en la Escuela son los siguientes:

- Centro de Innovación del Transporte (CENIT)
- Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE)
- Centro Internacional de Investigación de Recursos Costeros (CIIRC)
- Centro de Innovación de Tecnología de Estructuras y Construcción (CEINTEC)
- Fundación Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS)

4.2.3. La ETSICCPB en la UE.

El número de artículos publicados en revistas de prestigio reconocido internacionalmente es posiblemente el indicador de generación de conocimiento más empleado en el mundo.

En particular, se llama *factor de impacto* (FI) de un año base, al número medio de citaciones recibidas por los artículos de una revista dentro de los dos años anteriores al año base dividido por el número de artículos publicados en dicha revista durante este periodo de dos años. Es habitual utilizar el FI como indicador absoluto de calidad de una revista.

Las contribuciones calculadas, tanto globales como por ámbitos de las ciudades, quedan reflejadas en la Fig.29, donde se han representado las contribuciones en tanto por mil del trienio 2000-2002 versus el trienio 1997-1999. (*IEC.Reportes de la investigación en Cataluña 1996-2002. Ingeniería Civil e Ingeniería de la Construcción. Ramón Casas, 2003*)

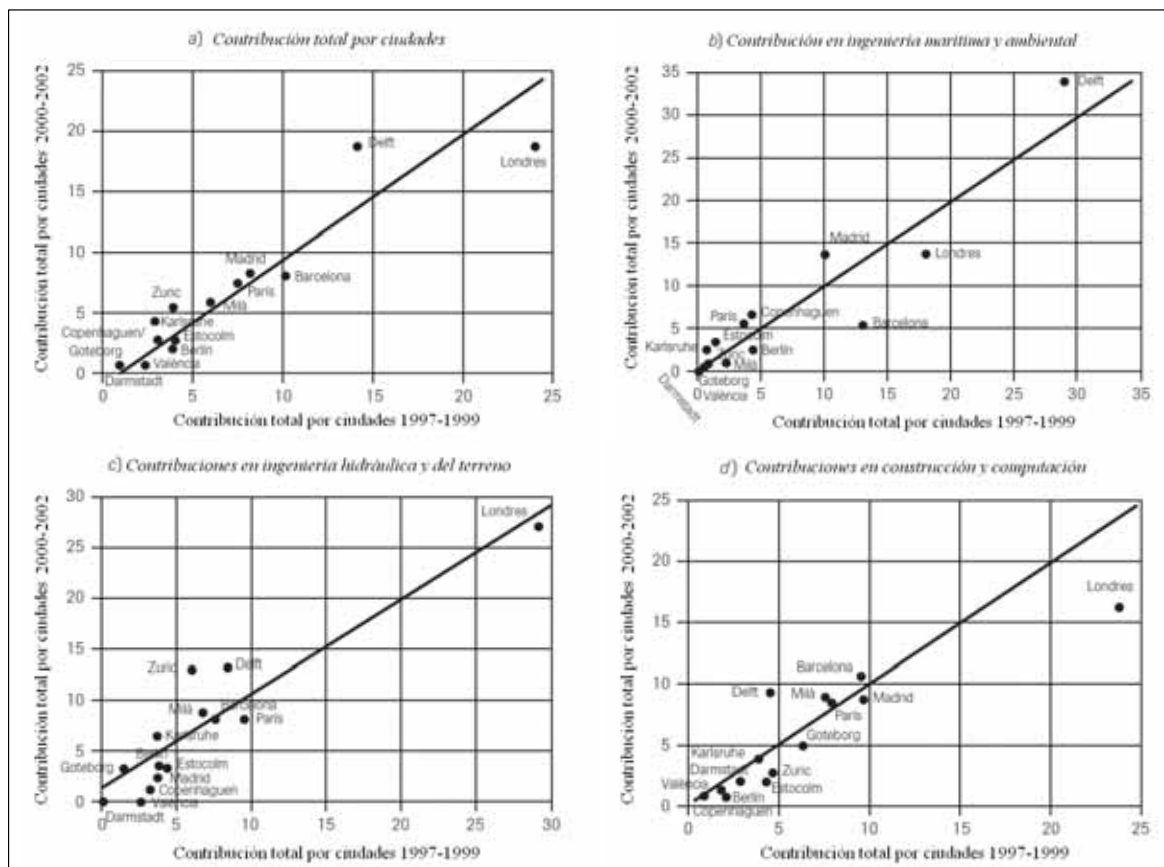


Figura 29. Contribución en tanto por mil de las ciudades europeas con universidades politécnicas de reconocido prestigio en las publicaciones en revistas de excelencia.

Esta figura se puede analizar según el eje vertical (por ejemplo, Barcelona ha sido la cuarta ciudad más productora de conocimientos en el ámbito de la Ingeniería Civil y de la construcción en el período 2000-2002), según el eje horizontal (Barcelona ya era la tercera en el periodo 1997-1999) o según la posición relativa a la línea de 45° que nos indica el crecimiento relativo en los dos períodos (Delft ha sido la ciudad que más ha crecido en términos de contribución y Barcelona ha decaído un poco).

Respecto a la contribución total de las diferentes ciudades, se puede observar que prácticamente todas las ciudades se encuentran en la diagonal, con excepción de la Universidad de Delft, que destaca por su incremento notable y la de Londres que lo hace por su decrecimiento.

Barcelona ha pasado del tercer al cuarto puesto respecto a años anteriores. Esto es debido a que partía de valores muy bajos a principio de la década de los 90's (3 %) y que una vez se ha alcanzado un nivel alto, éste resulta más difícil de superarlo.

Teniendo en cuenta que ahora se está en una situación estabilizada en cuanto a contribución de artículos publicados, Barcelona se encuentra en torno al 9 %. El motivo de que la contribución se haya triplicado ha sido debido a la fuerte presión que ha supuesto el hecho de que la publicación de revistas de alto nivel fuera uno de los méritos más valorados para promocionar dentro de la universidad conjuntamente con el incremento de recursos conseguidos por los centros de investigación. Lo que se pone de manifiesto en la Fig.29 es que una vez alcanzado el nivel en torno al 9 %, aumentar o incluso mantenerse resulta muy complicado. Se puede decir que el volumen de contribución por parte de las universidades de Europa y en particular de Barcelona, en el área de Ingeniería Civil y de la construcción se encuentra consolidado y en todo caso podrán producirse ligeros incrementos. Los mismos cálculos se han hecho para las universidades tecnológicas de estas ciudades. Los resultados se muestran en la Fig.30 (*IEC. Reportes de la investigación en Cataluña 1996-2002. Ingeniería Civil e Ingeniería de la Construcción. Ramón Casas, 2003*).

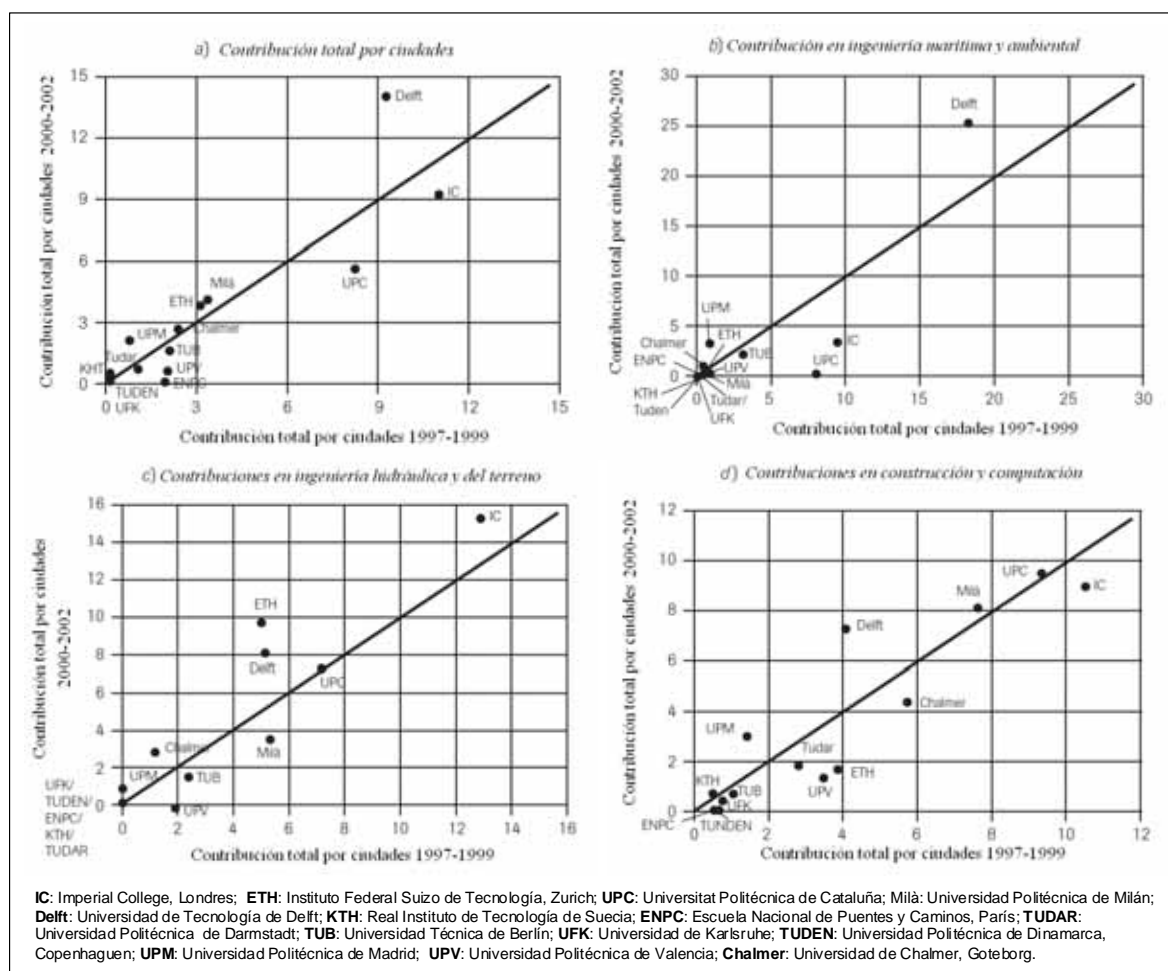


Figura 30. Contribución en tanto por mil de las universidades politécnicas más prestigiosas a las revistas de excelencia en el área de Ingeniería Civil y de la construcción.

Respecto a la contribución total por universidades, destaca el incremento importante de la Universidad de Tecnología de Delft que se colocó como referente y tomó el primer puesto al IC. Se ha de destacar también que la UPC todo y que parece moderar la velocidad de crecimiento se mantiene en la tercera posición globalmente y es sólo superada por Delft y el Imperial College que tienen un volumen notablemente más grande. La contribución de la UPC al total de Barcelona sigue siendo prácticamente la misma (6 %) que tenía años atrás.

El lugar destacado que ocupa la UPC lo es aún más si uno se fija en el ámbito de la construcción y computación, donde, tal y como ya pasaba en el período anterior (1989-1996) se sitúa como la universidad puntera e incluso aumenta desde un 9 % hasta un 9,5 %. También se ha de destacar el crecimiento considerable de la Universidad de Tecnología de Delft en el ámbito de la ingeniería de la construcción y computacional, el cual, tradicionalmente, no ha sido en el que más ha destacado. Anteriormente se situaba en el lugar quinto, mientras que actualmente ha pasado a ocupar el cuarto lugar.

La UPC genera en estos momentos el 7,5 % de los artículos publicados de prestigio en el ámbito de la ingeniería hidráulica y del terreno siendo su anterior cifra también de un 7,5 %. Aun con esta constante de la producción, ha pasado del segundo al cuarto lugar ya que ha sido superada por la Universidad de Tecnología de Delft, la cual también en este ámbito se ha mostrado particularmente activa en los últimos años y por el Instituto Federal Suizo de Tecnología ETH de Zurich.

Donde se ha producido una disminución más importante del número de publicaciones notables de la UPC es en el ámbito de la ingeniería marítima y ambiental, donde la Universidad de Tecnología de Delft sigue teniendo una posición de liderazgo. La UPC ha pasado del tercer lugar al octavo. La bajada importante en este ámbito ha hecho que el incremento que se ha producido en los otros dos, en conjunto se observa una desaceleración en la producción científica en revistas indexadas de la UPC y queda claramente por debajo tal y como se observa en la gráfica.

En resumen, se puede decir que el área de Ingeniería Civil de la UPC sigue siendo excelente. En el continente europeo sólo es superada por la Universidad de Tecnología de Delft y el Imperial College, centros que tienen un tamaño, una financiación, un soporte institucional y una tradición

en este área específica muy superiores a los de la UPC. La UPC genera el 6 % de los artículos publicados en todo el mundo en temas de Ingeniería Civil; los valores en ámbitos más específicos son del 9,5 % en el ámbito de Ingeniería de la Construcción y Computacional y del 7,5 % en el ámbito de la Ingeniería Hidráulica y del Terreno.

4.3. Innovación.

La innovación en investigación se justifica con la investigación misma, y como ya se ha visto ampliamente, es un fuerte indicativo de la Escuela.

En el ámbito docente, la Escuela dispone de múltiples proyectos vigentes y previstos para la innovación. Quizá, uno de los más significativos en los últimos 3 cursos (2007-2008 al 2009-2010) es el llamado Proyecto Janus.

El Proyecto Janus se planteó como un proyecto integrado en todos los departamentos, primero de algunos cursos, y, poco a poco, implantado en todos los niveles de formación de Grado. Desde un inicio se vinculó con la oportunidad de cambio que representa el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). El proyecto implica un nuevo modelo de enseñanza y aprendizaje, mucho más dinámico, activo y participativo, en el que hay un cambio de función de los profesores y estudiantes, donde el estudiante adquiere un papel activo en su proceso de aprendizaje, con un plan de acción tutorial muy significativo y una calificación de los alumnos por asignatura mediante su evaluación continua a lo largo del curso. Para ello se apostó por nuevas metodologías docentes, con un soporte de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) efectivo mediante el portal de Intranet de la Escuela y el uso de MOODLE (sistema de gestión de cursos, de distribución libre, con especialización en el aprendizaje en línea).

También en la misma formación de los estudiantes, la Escuela ha trabajado (y se sigue trabajando) en la mejora, de manera muy específica, de las guías docentes de cada asignatura, a través del soporte Atenea (entorno virtual de la docencia de la UPC).

Aparte de la vinculación evidente de cara a los propios estudiantes también se está tratando de acercar a toda persona que quiera interesarse en el temario que se imparte en la Escuela. Este tipo de objetivos, mucho más vinculados con la sociedad no necesariamente universitaria ni de la

Escuela, se implementa mediante el acceso libre de las guías docentes. De este modo, cualquier persona podrá (aunque aún se está trabajando en ello) tener acceso a los programas de las asignaturas, como si estuviera matriculado.

4.4. Obras de adaptación en el Campus Nord.

Des de su creación el Campus Nord ha sufrido distintas obras de ampliación para adaptarse a las nuevas necesidades. Como ejemplo, en la Tabla 15 (www.upc.edu/dades) se muestra una comparativa de superficies construidas en el año 2001 y en el año 2009 en el que se observa un crecimiento en esta última década del 22% de la superficie.

Campus Nord	Sup (m²) 2001	Sup (m²) 2009
Torre Girona	8.212,42	7.476,01
Zona de módulos	118.270,22	144.274,50
Total	126.482,64	151.750,51

Tabla 15. Comparativa de superficie del Campus Nord entre 2001 y 2009.

Actualmente, la UPC ha llevado a cabo en el verano del 2010 unas reformas en los aularios del Campus Nord A1-A6 por un montante total de 1.700.000€ para adaptar las aulas a las nuevas titulaciones de grado.

La UPC en general tiene previsto una serie de mejoras del servicio, adaptándolo a nuevos criterios de uso y a una mayor funcionalidad. Dichas intervenciones son, por ejemplo, la supresión de barreras arquitectónicas dentro de un nuevo plan de accesibilidad, la renovación de equipos informáticos y adecuación de herramientas tecnológicas, etc.

En afectación indirecta a la ETSICCPB se tiene previsto una inversión de tipo extraordinaria para la urbanización del Campus Nord por valor de unos 750.000 € aproximadamente.

5. ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES

A partir del análisis del apartado anterior y de un prediseño en base a datos concretos por departamentos y a relaciones superficie/alumno estandarizados, se plantea como objetivo en este apartado estimar valores orientativos de los espacios requeridos para la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (ETSICCPB).

Primero se especificará el personal (propio y de uso) de una escuela universitaria científico-técnica así como las construcciones y servicios de este tipo de espacios docentes, de investigación y de transmisión de conocimiento. En segundo lugar se detallará los datos actuales (cantidades y superficies) de la Escuela y su organización espacial. En tercer lugar se estimará los posibles valores que debería tener dicha Escuela en base a criterios de evolución de la misma y de los datos facilitados por la propia Escuela y por los departamentos involucrados. Finalmente se proyectará posibles soluciones a la falta de espacio.

5.1. Desglose general: personal, edificaciones y servicios tipo.

- Desglose en estudiantes y personal propio:
 - Estudiantes (ICCP, IG, ITOP, Máster, Doctorado)
 - Personal (PDI, PAS, doctorandos, becarios y otros)

- Tipo de construcciones:
 - Aularios
 - Departamentos (con laboratorios)
 - Bibliotecas
 - Dirección y administración
 - Aparcamiento

Parte de estas construcciones, entendidas como servicios centrales de la universidad, se pueden presentar incluidos o en conjunción con otras edificaciones (por ejemplo bibliotecas específicas

dentro de sus correspondientes departamentos, o sala de actos, dirección y administración dentro del mismo edificio, entre otras opciones).

- Servicios generales:

- Polideportivos
- Asociaciones de alumnos
- Comedores
- Servicios sanitarios
- Instalaciones de aprovisionamiento
- Residencias de estudiantes y profesores visitantes

Estos servicios generales suelen presentarse dentro de los tipos de construcciones anteriores, pero en algunos casos puede ser preferible que se dispongan en edificios aparte.

5.2. Espacios del campus actual.

A continuación se recordará de forma reunida los datos ya comentados en apartados anteriores respecto el tipo (y cantidad actual) de personal e instalaciones del campus. Las personas que directa y actualmente están vinculadas a la Escuela de Ingeniería Civil ascienden a más de 2.900 (Tabla 16) (www.upc.edu/dades).

CURSO 2008-2009			
Alumnos		Personal laboral	
ICCP	1.011	PAS	43
IG	202	PDI	189
ITOP	973		
MASTER	240		
DOCTORADO	336		
Total Alumnos	2.762	Total personal	232
TOTAL (alumnos+personal)	2.994		

Tabla 16. Tabla del tipo y número de personas vinculado a la ETSICCPB.

Este personal se distribuye según su tipología en distintos espacios de la Escuela. A continuación, dichos espacios se presentan desglosados por edificios (construcciones concretas utilizados por la Escuela), entornos (departamentos, aularios, administración, dirección,

biblioteca, servicios auxiliares, etc.) y tipos (despachos PDI y PAS, laboratorios, servicios básicos, etc.).

- Desglose por edificios.

La Fig.31 muestra el plano general del Campus Nord de la UPC (www.camins.upc.edu). Quedan marcadas las edificaciones que actualmente utiliza la ETSICCPB. El espacio que de modo más destacado queda comprendido en dicha Escuela es, básicamente, el conformado por las edificaciones A1-A2, B0-B1-B2, C1-C2 y D1-D2. El resto de edificaciones son utilizadas por las otras dos escuelas también ubicadas en el campus (Ingeniería de Telecomunicaciones y Facultad de Informática; ETSITB y FIB respectivamente), aunque los aularios A3 a A6, y en particular el A6 (aula de dibujo), pueden ser utilizadas por todas las escuelas implantadas en el Campus.



Figura 31. Plano general del Campus Nord.

Las superficies de cada edificio (superficie total, es decir, sumando las áreas de todos los pisos) con su desglose según entorno o función se incluye en la Tabla 17 (*base de datos 24 de octubre de 2007 de la UPC*):

EDIFICIO	ASIGNACIÓN O ENTORNO	Total [m2]
A1	737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing. CN - Espacios generales Delegaciones y Asociaciones de Estudiantes Espacios comunes del edificio Juntas y Comités de Personal	350,85 1.059,92 15 1.218,38 36,9
Total A1		2.681,05
A2	722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio CN - Espacios generales Concesionarios externos Coordinación del Campus Nord Delegaciones y Asociaciones de Estudiantes Espacios comunes del edificio ETSICCPB - Espacios generales	18,14 1108,14 18,14 18,14 101,24 1.428,64 256,19
Total A2		2.948,63
B0	711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental Espacios comunes del edificio	65,49 44,84
Total B0		110,33
B1	706 Depto. Ingeniería de la Construcción 722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio Cátedra Abertis de Gestión de Infraestructuras del transporte Espacios comunes del edificio ETSICCPB - Espacios generales	732,65 727,19 32,62 611,47 299,02
Total B1		2.402,95
B2	Concesionarios externos Espacios comunes del edificio ETSICCPB - Biblioteca ETSICCPB - Espacios generales ETSICCPB - Servicios informáticos	151,58 296,9 245,74 168,71 246,49
Total B2		1.109,42
C1	706 Depto. Ingeniería de la Construcción 737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing. CIMNE - Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería Espacios comunes del edificio ETSICCPB - Espacios generales	1.698,44 964,75 562,29 970,86 160,58
Total C1		4.356,92
C2	727 Depto. Matemática Aplicada III Espacios comunes del edificio ETSICCPB - Dirección / Decanato ETSICCPB - Espacios generales ETSICCPB - Secretaría / Administración	657,06 725,6 191,3 285,07 229,82
Total C2		2.088,85
D1	711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental CIIRC - Centro Intern. de Investigación de los Recursos Costeros Espacios comunes del edificio ETSICCPB - Espacios generales	2.965,6 28,45 1.277,91 89,76
Total D1		4.361,72
D2	708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica Espacios comunes del edificio	1.886,76 669,32
Total D2		2.556,08
NX1	Centro de Transferencia de Tecnología GRAHI - Grupo de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia	408,85 92,53
Total NX1		501,38
NX2	CENIT	201,94
Total NX2		201,94
TOTAL		23.319,27

Tabla 17. Superficies de la ETSICCPB según edificaciones.

En la Tabla 17 no se ha tenido en cuenta los otros edificios en donde algún departamento concreto tiene algún despacho o zona de uso propio, o la misma Escuela hace uso de ellos de manera intermitente por ser espacios muy pequeños en relación al conjunto total. Estos espacios podrían ser, por ejemplo, los correspondientes al edificio B5, donde están ubicados los despachos del Departamento de Física Aplicada (que aunque no es un departamento de la escuela, tiene docencia) y el Laboratorio de Mecánica de Fluidos, así como algunos aularios de los edificios A3-A6. También, en el mismo edificio A6, donde tiene espacio el laboratorio de Topografía, correspondiente al departamento de Ingeniería del Terreno.

- Desglose por entornos.

Como ya se ha especificado, la ETSICCPB comprende los 3 tipos de grado que dan lugar a las titulaciones distintas de Ingeniería Civil que se imparten: Grado en Ingeniería Civil, Grado en Ingeniería de la Construcción con sus tres especialidades y Grado en Ingeniería Geológica.

Los departamentos propios que participan en la docencia de la Ingeniería Civil en la ETSICCPB son los siguientes:

- Departamento de Ingeniería de la Construcción (IC)
- Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería (RMEI)
- Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica (ITCG)
- Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental (IHMA)
- Departamento de Infraestructuras del Transporte y del Territorio (ITT)
- Departamento de Matemática Aplicada III (MAIII)

Los espacios disponibles no son similares para todos los departamentos. En base a los datos y distribución actual de espacios de la Escuela se tiene que parte de estos departamentos se presentan compartiendo espacios dentro de un mismo edificio con otros departamentos como también, en muchos casos, hay departamentos con despachos dispersos en otros edificios por falta de espacio, como por ejemplo el Departamento de Ingeniería de la Construcción que está ubicado en el B1 y en el C1, el Departamento de Ingeniería Marítima o el CENIT. Es decir, que

hay zonas de actividades concretas de un departamento (laboratorios, etc.) que están alejadas de su zona propia (despachos).

En la Tabla 18 se relaciona los diferentes departamentos y entornos con sus respectivas superficies ocupadas en la Escuela. Aparte de los departamentos, existen otras organizaciones (centros de investigación concretos, cátedras de empresa, etc.) vinculadas también a las actividades docentes de la Escuela.

En total resultan 23 grupos de entorno posibles para el análisis de la ETSICCPB.

ASIGNACIÓN O ENTORNO	Total [m2]
706 Depto. Ingeniería de la Construcción	2.431,09
708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica	1.886,76
711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	3.031,09
722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio	745,33
727 Depto. Matemática Aplicada III	657,06
737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing.	1.315,60
Cátedra Abertis de Gestión de Infraestructuras del transporte	32,62
CENIT	201,94
Centro de Transferencia de Tecnología	408,85
CIIRC - Centro Intern. de Investigación de los Recursos Costeros	28,45
CIMNE - Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería	562,29
CN - Espacios generales	2.168,06
Concesionarios externos	169,72
Coordinación del Campus Nord	18,14
Delegaciones y Asociaciones de Estudiantes	116,24
Espacios comunes del edificio	7.243,92
ETSICCPB - Biblioteca	245,74
ETSICCPB - Dirección / Decanato	191,30
ETSICCPB - Espacios generales	1.259,33
ETSICCPB - Secretaría / Administración	229,82
ETSICCPB - Servicios informáticos	246,49
GRAHI - Grupo de Recerca Aplicada en Hidrometeorología	92,53
Juntas y Comités de Personal	36,90
TOTAL	23.319,27

Tabla 18. Superficies de la ETSICCPB según entornos.

- Desglose por tipos.

En la Tabla 19 se presenta el desglose de los “tipos de espacio” en los que se compone la ETSICCPB y al “entorno” al que pertenece.

TIPOS DE ESPACIO	ASIGNACIÓN O ENTORNO	Total
1.1 Despachos y espacios de trabajo	706 Depto. Ingeniería de la Construcción	714,88
	708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica	1.018,52
	711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	800,91
	722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio	602,04
	727 Depto. Matemática Aplicada III	556,53
	737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing.	631,62
	Cátedra Abertis de Gestión de Infraestructuras del transporte	32,62
	CENIT	183,52
	Centro de Transferencia de Tecnología	333,69
	CIIRC - Centro Intern. de Investigación de los Rec. Costeros	28,45
	CIMNE - Centro Internacional de Métodos Num. en Ingeniería	447,27
	Delegaciones y Asociaciones de Estudiantes	116,24
	ETSICCPB - Biblioteca	19,60
	ETSICCPB - Dirección / Decanato	154,08
	ETSICCPB - Espacios generales	56,75
	ETSICCPB - Secretaría / Administración	199,99
	ETSICCPB - Servicios informáticos	176,92
	GRAHI - Grupo de Recerca Aplicada en Hidrometeorología	92,53
	Juntas y Comités de Personal	36,90
Total 1.1 Despachos y espacios de trabajo		6.203,06
1.2 Salas de reuniones y visitas	706 Depto. Ingeniería de la Construcción	97,85
	708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica	58,73
	711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	37,67
	727 Depto. Matemática Aplicada III	31,26
	737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing.	88,71
	CENIT	18,42
	Centro de Transferencia de Tecnología	67,97
	CIMNE - Centro Internacional de Métodos Num. en Ingeniería	30,36
	ETSICCPB - Biblioteca	8,77
	ETSICCPB - Dirección / Decanato	37,22
	ETSICCPB - Espacios generales	18,16
	ETSICCPB - Servicios informáticos	8,82
Total 1.2 Salas de reuniones y visitas		503,94
1.3 Salas de profesores	722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio	18,14
Total 1.3 Salas de profesores		18,14
2.1 Aulas teóricas	706 Depto. Ingeniería de la Construcción	12,56
	708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica	250,30
	711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	190,34
	722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio	27,82
	CN - Espacios generales	2.065,75
	ETSICCPB - Espacios generales	372,84
Total 2.1 Aulas teóricas		2.919,61
2.2 Aulas informáticas	737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing.	37,47
	CIMNE - Centro Internacional de Métodos Num. en Ingeniería	84,66
	ETSICCPB - Espacios generales	378,72
	ETSICCPB - Servicios informáticos	34,64
Total 2.2 Aulas informáticas		535,49
3.1 Laboratorios	706 Depto. Ingeniería de la Construcción	1.552,66
	708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica	546,27
	711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	1.743,12
	722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio	58,07
	727 Depto. Matemática Aplicada III	58,23
	737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing.	510,71
Total 3.1 Laboratorios		4.469,06

3.2 Talleres	711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	77,67
Total 3.2 Talleres		77,67
4.1 Salas de actos, juntas, conferencias, ...	ETSICCPB - Espacios generales	252,47
Total 4.1 Salas de actos, juntas, conferencias, ...		252,47
4.3 Salas de lectura y consulta (biblioteca)	711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	66,52
	ETSICCPB - Biblioteca	217,37
Total 4.3 Salas de lectura y consulta (biblioteca)		283,89
4.6 Espacios anexos a 4.1	ETSICCPB - Espacios generales	22,01
Total 4.6 Espacios anexos a 4.1		22,01
5.1 Conserjerías	Espacios comunes del edificio	59,84
Total 5.1 Conserjerías		59,84
5.2 Zonas de paso	Espacios comunes del edificio	5.188,66
Total 5.2 Zonas de paso		5.188,66
5.3 Lavabos	Espacios comunes del edificio	711,70
Total 5.3 Lavabos		711,70
5.4 Vestidores	Espacios comunes del edificio	143,64
Total 5.4 Vestidores		143,64
5.5 Mantenimiento e instalaciones	Espacios comunes del edificio	1.092,76
Total 5.5 Mantenimiento e instalaciones		1.092,76
5.6 Limpieza	Espacios comunes del edificio	47,32
Total 5.6 Limpieza		47,32
6.1 Archivos	711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	24,25
	722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio	26,26
	CN - Espacios generales	38,85
Total 6.1 Archivos		89,36
6.2 Almacenes	706 Depto. Ingeniería de la Construcción	53,14
	708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica	5,56
	711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	90,61
	722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio	7,41
	737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing.	38,01
	CN - Espacios generales	63,46
	Coordinación del Campus Nord	18,14
	ETSICCPB - Espacios generales	4,50
	ETSICCPB - Secretaría / Administración	29,83
	ETSICCPB - Servicios informáticos	6,09
Total 6.2 Almacenes		316,75
6.3 Salas de ordenadores	708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica	7,38
	727 Depto. Matemática Aplicada III	11,04
	737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing.	9,08
	ETSICCPB - Espacios generales	43,11
	ETSICCPB - Servicios informáticos	20,02
Total 6.3 Salas de ordenadores		90,63
6.4 Espacios para fotocopiadoras e impresoras	722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio	5,59
	Centro de Transferencia de Tecnología	7,19
Total 6.4 Espacios para fotocopiadoras e impresoras.		12,78
6.5 Comedores PAS y PDI	ETSICCPB - Espacios generales	110,77
Total 6.5 Comedores PAS y PDI		110,77
7.1 Concesiones de restauración	Concesionarios externos	151,58
Total 7.1 Concesiones de restauración		151,58
7.8 Concesiones vinculadas a convenios específicos	Concesionarios externos	18,14
Total 7.8 Concesiones vinculadas a convenios específicos		18,14
Total		23.319,27

Tabla 19. Superficies de la ETSICCPB según tipo de espacios y entorno.

La distribución de “espacios” de la Escuela por “edificios” se presenta en la Tabla 20:

EDIFICIO	TIPOS DE ESPACIO	Total
A1	1.1 Despachos y espacios de trabajo	62,78
	2.1 Aulas teóricas	1.041,78
	3.1 Laboratorios	301,96
	5.2 Zonas de paso	966,07
	5.3 Lavabos	116,65
	5.4 Vestidores	36,70
	5.5 Mantenimiento e instalaciones	93,82
	5.6 Limpieza	5,14
	6.2 Almacenes	56,15
Total A1		2.681,05
A2	1.1 Despachos y espacios de trabajo	112,12
	1.3 Salas de profesores	18,14
	2.1 Aulas teóricas	1.023,97
	2.2 Aulas informáticas	205,74
	5.2 Zonas de paso	1.054,33
	5.3 Lavabos	164,34
	5.4 Vestidores	37,92
	5.5 Mantenimiento e instalaciones	160,00
	5.6 Limpieza	12,05
	6.1 Archivos	38,85
	6.2 Almacenes	63,46
	6.3 Salas de ordenadores	39,57
	7.8 Concesiones vinculadas a convenios específicos	18,14
Total A2		2.948,63
B0	1.1 Despachos y espacios de trabajo	24,37
	3.2 Talleres	41,12
	5.2 Zonas de paso	3,52
	5.3 Lavabos	2,08
	5.4 Vestidores	4,83
	5.5 Mantenimiento e instalaciones	34,41
Total B0		110,33
B1	1.1 Despachos y espacios de trabajo	860,89
	2.1 Aulas teóricas	252,64
	2.2 Aulas informáticas	86,76
	3.1 Laboratorios	538,42
	5.2 Zonas de paso	536,04
	5.3 Lavabos	41,77
	5.4 Vestidores	8,95
	5.5 Mantenimiento e instalaciones	24,23
	5.6 Limpieza	0,48
	6.1 Archivos	26,26
	6.2 Almacenes	20,92
	6.4 Espacios para fotocopadoras e impresoras	5,59
Total B1		2.402,95
B2	1.1 Despachos y espacios de trabajo	236,30
	1.2 Salas de reuniones y visitas	35,75
	2.2 Aulas informáticas	34,64
	4.3 Salas de lectura y consulta (biblioteca)	217,37
	5.2 Zonas de paso	231,32
	5.3 Lavabos	28,73
	5.4 Vestidores	8,57
	5.5 Mantenimiento e instalaciones	22,69
	5.6 Limpieza	5,59
	6.2 Almacenes	6,09
	6.3 Salas de ordenadores	20,02
	6.5 Comedores PAS y PDI	110,77
	7.1 Concesiones de restauración	151,58
Total B2		1.109,42

C1	1.1 Despachos y espacios de trabajo	1.556,66
	1.2 Salas de reuniones y visitas	216,92
	2.1 Aulas teóricas	160,58
	2.2 Aulas informáticas	122,13
	3.1 Laboratorios	1.281,06
	5.1 Conserjerías	37,83
	5.2 Zonas de paso	731,98
	5.3 Lavabos	76,29
	5.4 Vestidores	46,67
	5.5 Mantenimiento e instalaciones	67,29
	5.6 Limpieza	10,80
	6.2 Almacenes	39,63
	6.3 Salas de ordenadores	9,08
	Total C1	4.356,92
C2	1.1 Despachos y espacios de trabajo	916,69
	1.2 Salas de reuniones y visitas	68,48
	3.1 Laboratorios	58,23
	4.1 Salas de actos, juntas, conferencias, ...	252,47
	4.6 Espacios anexos a 4.1	22,01
	5.1 Conserjerías	4,49
	5.2 Zonas de paso	589,69
	5.3 Lavabos	85,52
	5.5 Mantenimiento e instalaciones	45,90
	6.2 Almacenes	34,33
	6.3 Salas de ordenadores	11,04
	Total C2	2.088,85
D1	1.1 Despachos y espacios de trabajo	804,99
	1.2 Salas de reuniones y visitas	37,67
	2.1 Aulas teóricas	190,34
	2.2 Aulas informáticas	86,22
	3.1 Laboratorios	1.743,12
	3.2 Talleres	36,55
	4.3 Salas de lectura y consulta (biblioteca)	66,52
	5.1 Conserjerías	9,14
	5.2 Zonas de paso	558,63
	5.3 Lavabos	88,49
	5.5 Mantenimiento e instalaciones	608,39
	5.6 Limpieza	13,26
	6.1 Archivos	24,25
	6.2 Almacenes	90,61
	6.3 Salas de ordenadores	3,54
	Total D1	4.361,72
D2	1.1 Despachos y espacios de trabajo	1.018,52
	1.2 Salas de reuniones y visitas	58,73
	2.1 Aulas teóricas	250,30
	3.1 Laboratorios	546,27
	5.1 Conserjerías	8,38
	5.2 Zonas de paso	517,08
	5.3 Lavabos	107,83
	5.5 Mantenimiento e instalaciones	36,03
	6.2 Almacenes	5,56
	6.3 Salas de ordenadores	7,38
	Total D2	2.556,08
NX1	1.1 Despachos y espacios de trabajo	426,22
	1.2 Salas de reuniones y visitas	67,97
	6.4 Espacios para fotocopadoras e impresoras.	7,19
	Total NX1	501,38
NX2	1.1 Despachos y espacios de trabajo	183,52
	1.2 Salas de reuniones y visitas	18,42
	Total NX2	201,94
	Total	23.319,27

Tabla 20. Superficies de la ETSICCPB según edificaciones y tipo de espacios.

En la Tabla 21 se presentan las superficies actuales de la ETSICCPB agrupados según tipos de espacio, con sus respectivas relaciones según alumnos y personal.

TIPOS DE ESPACIO	Superficie [m2]	%	Sup./alum.	Sup./PDI	Sup./Total Personal	Sup./Total
			2.762 Alumnos	189 PDI	232 Total Personal PDI + PAS	2.994 Total Alumnos + PDI + PAS
1.1 Despachos y espacios de trabajo	6.203,06	26,6%	2,25	32,82	26,74	2,07
1.2 Salas de reuniones y visitas	503,94	2,2%	0,18	2,67	2,17	0,17
1.3 Salas de profesores	18,14	0,1%	0,01	0,10	0,08	0,01
2.1 Aulas teóricas	2.919,61	12,5%	1,06	15,45	12,58	0,98
2.2 Aulas informáticas	535,49	2,3%	0,19	2,83	2,31	0,18
3.1 Laboratorios	4.469,06	19,2%	1,62	23,65	19,26	1,49
3.2 Talleres	77,67	0,3%	0,03	0,41	0,33	0,03
4.1 Salas de actos, juntas, conferencias...	252,47	1,1%	0,09	1,34	1,09	0,08
4.3 Salas de lectura y consulta (biblioteca)	283,89	1,2%	0,10	1,50	1,22	0,09
4.6 Espacios anexos a 4.1	22,01	0,1%	0,01	0,12	0,09	0,01
5.1 Conserjerías	59,84	0,3%	0,02	0,32	0,26	0,02
5.2 Zonas de paso	5.188,66	22,3%	1,88	27,45	22,36	1,73
5.3 Lavabos	711,70	3,1%	0,26	3,77	3,07	0,24
5.4 Vestidores	143,64	0,6%	0,05	0,76	0,62	0,05
5.5 Mantenimiento e instalaciones	1.092,76	4,7%	0,40	5,78	4,71	0,36
5.6 Limpieza	47,32	0,2%	0,02	0,25	0,20	0,02
6.1 Archivos	89,36	0,4%	0,03	0,47	0,39	0,03
6.2 Almacenes	316,75	1,4%	0,11	1,68	1,37	0,11
6.3 Salas de ordenadores	90,63	0,4%	0,03	0,48	0,39	0,03
6.4 Espacios para fotocopiadoras e impresoras	12,78	0,1%	0,00	0,07	0,06	0,00
6.5 Comedores PAS y PDI	110,77	0,5%	0,04	0,59	0,48	0,04
7.1 Concesiones de restauración	151,58	0,7%	0,05	0,80	0,65	0,05
7.8 Concesiones vinculadas a convenios específicos	18,14	0,1%	0,01	0,10	0,08	0,01
TOTAL GENERAL	23.319,27	100%	8,44	123,38	100,51	7,79

Tabla 21. Tabla de relaciones según tipo de espacio y usuario de la ETSICCPB.

En la Tabla 21 se muestra la distribución de espacios, así como la relación, para el curso académico (2008-2009) de dicha superficie según el número de alumnos (ICCP, IG, ITOP, Master y Doctorado) de (2.762), el PDI (189), el total de personal que engloba el PDI y PAS (232) y el total que engloba todos los usuarios de la Escuela: alumnos y total personal (2.994).

Se observa que el 80% de la superficie es ocupada por:

- a) Despachos y espacios de trabajo: 26.6%
- b) Aulas teóricas: 12.5%
- c) Laboratorios: 19.2%
- d) Zonas de paso: 22.3%

Se puede obtener de manera rápida la superficie empleada en las actuales instalaciones según el número de alumno, PDI, etc., y de esta manera realizar comparaciones y obtener conclusiones respecto a la situación actual y la situación óptima o lógica para una escuela de este tipo.

En esta superficie total de 23.319,27 m² únicamente está considerada la que corresponde a los edificios propios y actividades directas con la ETSICCPB y no se ha tenido en cuenta superficies destinadas a otros usos como por ejemplo zonas ajardinadas, servicios médicos, Univers, zona de aparcamiento, residencias universitarias, zonas comerciales, gimnasio, biblioteca, etc.

5.3. Estimación de nuevos espacios.

La estimación de nuevos espacios es una tarea difícil ya que no siempre obedece a relaciones estandarizadas. Es por ello que en el ejercicio de estimación de las nuevas superficies, en ocasiones se ha empleado relaciones o porcentajes de uso (*Neufert*, 1999) y en otros directamente una superficie requerida por el departamento en concreto concebida a partir de un factor de crecimiento de la superficie actual.

En la Tabla 22 se presenta las superficies actuales de la ETSICCPB por “entorno” y “tipo de espacio”, y la superficie futura necesaria en función del factor de crecimiento.

ASIGNACIÓN O ENTORNO	TIPOS DE ESPACIO	%parcial respecto al entorno	% respecto al total	Sup. Actual [m2]	Factor de crecimiento	%Total futura	Sup. Futura [m²]
706 Depto. Ingeniería de la Construcción	1.1 Despachos y espacios de trabajo	29,4%	3,1%	714,88	1,1	2,0%	786,37
	1.2 Salas de reuniones y visitas	4,0%	0,4%	97,85	5,5	1,4%	538,18
	2.1 Aulas teóricas	0,5%	0,1%	12,56	2	0,1%	25,12
	3.1 Laboratorios	63,9%	6,7%	1.552,66	1,7	6,8%	2.639,52
	6.2 Almacenes	2,2%	0,2%	53,14	4	0,6%	212,56
Total 706 Depto. Ingeniería de la Construcción		100,0%	10,4%	2.431,09	1.7	10,9%	4.201,75
708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica	1.1 Despachos y espacios de trabajo	54,0%	4,4%	1.018,52	1,8	4,7%	1.833,34
	1.2 Salas de reuniones y visitas	3,1%	0,3%	58,73	1,2	0,2%	70,48
	2.1 Aulas teóricas	13,3%	1,1%	250,30	1,3	0,8%	325,39
	3.1 Laboratorios	29,0%	2,3%	546,27	3	4,2%	1.638,81
	6.2 Almacenes	0,3%	0,0%	5,56	5	0,1%	27,80
	6.3 Salas de ordenadores	0,4%	0,0%	7,38	5	0,1%	36,90
Total 708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica		100,0%	8,1%	1.886,76	2.1	10,2%	3.932,71
711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	1.1 Despachos y espacios de trabajo	26,4%	3,4%	800,91	1,5	3,1%	1.201,37
	1.2 Salas de reuniones y visitas	1,2%	0,2%	37,67	1,2	0,1%	45,20
	2.1 Aulas teóricas	6,3%	0,8%	190,34	1,3	0,6%	247,44
	3.1 Laboratorios	57,5%	7,5%	1.743,12	1,6	7,2%	2.788,99
	3.2 Talleres	2,6%	0,3%	77,67	4	0,8%	310,68
	4.3 Salas de lectura y consulta (biblioteca)	2,2%	0,3%	66,52	1,2	0,2%	79,82
	6.1 Archivos	0,8%	0,1%	24,25	2	0,1%	48,50
	6.2 Almacenes	3,0%	0,4%	90,61	2	0,5%	181,22
Total 711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental		100,0%	13,0%	3.031,09	1.6	12,7%	4.903,23
722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio	1.1 Despachos y espacios de trabajo	80,8%	2,6%	602,04	1,3	2,0%	782,65
	1.3 Salas de profesores	2,4%	0,1%	18,14	8	0,4%	145,12
	2.1 Aulas teóricas	3,7%	0,1%	27,82	10	0,7%	278,20
	3.1 Laboratorios	7,8%	0,2%	58,07	8,5	1,3%	493,60
	6.1 Archivos	3,5%	0,1%	26,26	6,5	0,4%	170,69
	6.2 Almacenes	1,0%	0,0%	7,41	3	0,1%	22,23
	6.4 Espacios para fotocopiadoras e impresoras	0,8%	0,0%	5,59	1,5	0,0%	8,39
Total 722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio		100,0%	3,2%	745,33	2.6	4,9%	1.900,87
727 Depto. Matemática Aplicada III	1.1 Despachos y espacios de trabajo	84,7%	2,4%	556,53	1,4	2,0%	779,14
	1.2 Salas de reuniones y visitas	4,8%	0,1%	31,26	1,2	0,1%	37,51
	3.1 Laboratorios	8,9%	0,2%	58,23	1,2	0,2%	69,88
	6.3 Salas de ordenadores	1,7%	0,0%	11,04	3	0,1%	33,12
Total 727 Depto. Matemática Aplicada III		100,0%	2,8%	657,06	1.4	2,4%	919,65
737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing.	1.1 Despachos y espacios de trabajo	48,0%	2,7%	631,62	1,5	2,5%	947,43
	1.2 Salas de reuniones y visitas	6,7%	0,4%	88,71	1,2	0,3%	106,45
	2.2 Aulas informáticas	2,8%	0,2%	37,47	1,5	0,1%	56,21
	3.1 Laboratorios	38,8%	2,2%	510,71	2	2,6%	1.021,42
	6.2 Almacenes	2,9%	0,2%	38,01	2	0,2%	76,02
	6.3 Salas de ordenadores	0,7%	0,0%	9,08	3	0,1%	27,24
Total 737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing.		100,0%	5,6%	1.315,60	1.7	5,8%	2.234,77
Cátedra Abertis de Gestión de Infraestructuras del transporte	1.1 Despachos y espacios de trabajo	100,0%	0,1%	32,62	2	0,2%	65,24
Total Cátedra Abertis de Gestión de Infraestructuras del transporte		100,0%	0,1%	32,62	2.0	0,2%	65,24
CENIT	1.1 Despachos y espacios de trabajo	90,9%	0,8%	183,52	2,5	1,2%	458,80
	1.2 Salas de reuniones y visitas	9,1%	0,1%	18,42	2,5	0,1%	46,05
Total CENIT		100,0%	0,9%	201,94	2.5	1,3%	504,85
Centro de Transferencia de Tecnología	1.1 Despachos y espacios de trabajo	81,6%	1,4%	333,69	1,5	1,3%	500,54
	1.2 Salas de reuniones y visitas	16,6%	0,3%	67,97	1,5	0,3%	101,96
	6.4 Espacios para fotocopiadoras e impres.	1,8%	0,0%	7,19	1,5	0,0%	10,79
Total Centro de Transferencia de Tecnología		100,0%	1,8%	408,85	1.5	1,6%	613,28

CIIRC - Centro Internacional de Investigación de los Recursos Costeros	1.1 Despachos y espacios de trabajo	100,0%	0,1%	28,45	2	0,1%	56,90
Total CIIRC - Centro Internacional de Investigación de los Recursos Costeros		100,0%	0,1%	28,45	2.0	0,1%	56,90
CIMNE - Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería	1.1 Despachos y espacios de trabajo	79,5%	1,9%	447,27	1,8	2,1%	805,09
	1.2 Salas de reuniones y visitas	5,4%	0,1%	30,36	1,2	0,1%	36,43
	2.2 Aulas informáticas	15,1%	0,4%	84,66	2	0,4%	169,32
Total CIMNE - Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería		100,0%	2,4%	562,29	1.8	2,6%	1.010,84
CN - Espacios generales	2.1 Aulas teóricas	95,3%	8,9%	2.065,75	1,5	8,0%	3.098,63
	6.1 Archivos	1,8%	0,2%	38,85	4	0,4%	155,40
	6.2 Almacenes	2,9%	0,3%	63,46	2	0,3%	126,92
Total CN - Espacios generales		100,0%	9,3%	2.168,06	1.6	8,7%	3.380,95
Concesionarios externos	7.1 Concesiones de restauración	89,3%	0,7%	151,58	2	0,8%	303,16
	7.8 Concesiones vinculadas a convenios específicos	10,7%	0,1%	18,14	7	0,3%	126,98
Total Concesionarios externos		100,0%	0,7%	169,72	2.5	1,1%	430,14
Coordinación del Campus Nord	6.2 Almacenes	100,0%	0,1%	18,14	4	0,2%	72,56
Total Coordinación del Campus Nord		100,0%	0,1%	18,14	4.0	0,2%	72,56
Delegaciones y Asociaciones de Estudiantes	1.1 Despachos y espacios de trabajo	100,0%	0,5%	116,24	1,8	0,5%	209,23
Total Delegaciones y Asociaciones de Estudiantes		100,0%	0,5%	116,24	1.8	0,5%	209,23
Espacios comunes del edificio	5.1 Conserjerías	0,8%	0,3%	59,84	1	0,2%	59,84
	5.2 Zonas de paso	71,6%	22,3%	5.188,66	1,6	21,5%	8.301,86
	5.3 Lavabos	9,8%	3,1%	711,70	1	1,8%	711,70
	5.4 Vestidores	2,0%	0,6%	143,64	1	0,4%	143,64
	5.5 Mantenimiento e instalaciones	15,1%	4,7%	1.092,76	1,5	4,2%	1.639,14
	5.6 Limpieza	0,7%	0,2%	47,32	1,2	0,1%	56,78
Total Espacios comunes del edificio		100,0%	31,1%	7.243,92	1.5	28,2%	10.912,96
ETSICCPB - Biblioteca	1.1 Despachos y espacios de trabajo	8,0%	0,1%	19,60	1,5	0,1%	29,40
	1.2 Salas de reuniones y visitas	3,6%	0,0%	8,77	4	0,1%	35,08
	4.3 Salas de lectura y consulta (biblioteca)	88,5%	0,9%	217,37	1,2	0,7%	260,84
Total ETSICCPB - Biblioteca		100,0%	1,1%	245,74	1.3	0,8%	325,32
ETSICCPB - Dirección / Decanato	1.1 Despachos y espacios de trabajo	80,5%	0,7%	154,08	1,8	0,7%	277,34
	1.2 Salas de reuniones y visitas	19,5%	0,2%	37,22	1,2	0,1%	44,66
Total ETSICCPB - Dirección / Decanato		100,0%	0,8%	191,30	1.7	0,8%	322,01
ETSICCPB - Espacios generales	1.1 Despachos y espacios de trabajo	4,5%	0,2%	56,75	1,8	0,3%	102,15
	1.2 Salas de reuniones y visitas	1,4%	0,1%	18,16	1,2	0,1%	21,79
	2.1 Aulas teóricas	29,6%	1,6%	372,84	1,3	1,3%	484,69
	2.2 Aulas informáticas	30,1%	1,6%	378,72	1	1,0%	378,72
	4.1 Salas de actos, juntas, conferencias, ...	20,0%	1,1%	252,47	1,3	0,8%	328,21
	4.6 Espacios anexos a 4.1	1,7%	0,1%	22,01	1	0,1%	22,01
	6.2 Almacenes	0,4%	0,0%	4,50	1,5	0,0%	6,75
	6.3 Salas de ordenadores	3,4%	0,2%	43,11	2	0,2%	86,22
	6.5 Comedores PAS y PDI	8,8%	0,5%	110,77	1,4	0,4%	155,08
Total ETSICCPB - Espacios generales		100,0%	5,4%	1.259,33	1.3	4,1%	1.585,62
ETSICCPB - Secretaría / Administración	1.1 Despachos y espacios de trabajo	87,0%	0,9%	199,99	1,8	0,9%	359,98
	6.2 Almacenes	13,0%	0,1%	29,83	1,5	0,1%	44,75
Total ETSICCPB - Secretaría / Administración		100,0%	1,0%	229,82	1.7	1,0%	404,73
ETSICCPB - Servicios informáticos	1.1 Despachos y espacios de trabajo	71,8%	0,8%	176,92	1,8	0,8%	318,46
	1.2 Salas de reuniones y visitas	3,6%	0,0%	8,82	1,2	0,0%	10,58
	2.2 Aulas informáticas	14,1%	0,1%	34,64	1,3	0,1%	45,03
	6.2 Almacenes	2,5%	0,0%	6,09	5	0,1%	30,45
	6.3 Salas de ordenadores	8,1%	0,1%	20,02	3	0,2%	60,06
Total ETSICCPB - Servicios informáticos		100,0%	1,1%	246,49	1.9	1,2%	464,58
GRAHI - Grupo de Recerca Aplicada en Hidrometeorología	1.1 Despachos y espacios de trabajo	100,0%	0,4%	92,53	1,5	0,4%	138,80
Total GRAHI - Grupo de Recerca Aplicada en Hidrometeorología		100,0%	0,4%	92,53	1.5	0,4%	138,80
Juntas y Comités de Personal	1.1 Despachos y espacios de trabajo	100,0%	0,2%	36,90	1,5	0,1%	55,35
Total Juntas y Comités de Personal		100,0%	0,2%	36,90	1.5	0,1%	55,35
TOTAL			100,0%	23.319,27	1.7	100,0%	38.646,32

Tabla 22. Superficie actual y futura en la ETSICCPB.

La Tabla 22 se ha obtenido clasificando los diferentes “entornos” del Campus Nord en los distintos “tipos de espacio”. Como es conocida la superficie de cada “tipo de espacio” que pertenece a cada “entorno” (*base de datos 24 de octubre de 2007 de la UPC*), ha sido relativamente sencillo adoptar un factor de crecimiento para cada tipo de espacio y obtener una superficie total discretizada.

El factor de crecimiento ha sido proporcionado, en determinados casos, por los responsables de los distintos departamentos. A continuación citamos los que han colaborado: 706- Ingeniería de la Construcción, 708-Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica, 711-Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental, 722-Infraestructura del Transporte y del Territorio y por último el CENIT, a todos ellos agradezco su colaboración. Por otro lado, cuando el factor de crecimiento no ha sido proporcionado, se ha estimado en base a criterios establecidos en bibliografía (*Neufert, 1999*), o bien a la propia experiencia del conocimiento del campus.

La nueva superficie total resultante es de 38.646,32 m² frente a los 23.319,27 m² actual, esto es un 65,7% más respecto al espacio total (útil) actual. Cabe destacar que esta superficie debe ser dividida por las plantas edificadas ya que se refiere a la superficie útil total necesaria. Considerando que la superficie de solar ocupada actualmente por las edificaciones correspondientes a las diferentes actividades docentes es de unos 10.100 m² (aproximadamente el 40,4% del espacio global total actual de la Escuela, que es de unos 25.000 m²), resulta que la altura media de las edificaciones actuales es de unas 2,3 plantas ($23.319,27 \text{ m}^2 / 10.100 \text{ m}^2 = 2,3$).

Analizando la Tabla 22 se puede ver que hay departamentos que requieren de mayor incremento que otros. No obstante como regla general se puede decir que actualmente la Escuela se encuentra en situación precaria en cuanto a espacios de despachos, laboratorios, aulas y áreas afines, como puede deducirse de la comparación entre la situación actual y la necesaria. A modo de resumen, en la Tabla 23 se muestra, por departamentos la superficie total y futura así como el factor de crecimiento.

ENTORNO	Sup. Actual (m ²)	Sup. Futura (m ²)	Factor de crecimiento	% Respecto al Total
706 Depto. Ingeniería de la Construcción	2.431,09	4201,75	1.7	10.9%
708 Depto. Ing. del Terreno, Cartográfica y Geofísica	1.886,76	3.932,71	2.1	10.2%
711 Depto. Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental	3.031,09	4.903,23	1.6	12.7%
722 Depto. Infraestructura del Transporte y del Territorio	745,33	1.900,87	2.6	4.9%
727 Depto. Matemática Aplicada III	657,06	919,65	1.4	2.4%
737 Depto. Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ing.	1.315,60	2.234,77	1.7	5.8%
Espacios comunes del edificio	7.243,92	10.912,96	1.5	28.2%
Otros entornos	6.008,42	9.640,38	1,6	24,90%
TOTAL	23.319,27	38.646,32	1,7	100%

Tabla 23. Resumen de factores de crecimiento por departamentos

Si se utiliza estándares basados en bibliografía específica para este tipo de instalaciones, se recomienda disponer de una superficie total en planta del solar de 25 m²/alumno en caso de dedicación completa (todo el día). Este cociente, muy general, considera el espacio necesario para distribuir todos los servicios de un campus universitario concreto (la ETSICCPB, por ejemplo). En nuestro caso, si se considera todos los alumnos de ICCP, IG, ITOP, Máster y Doctorado, se tiene un total de 2.762 alumnos. Teniendo en cuenta este dato, en la Tabla 24 se presenta la superficie necesaria de solar aproximada para un nuevo campus.

Alumnos		Superficie global (25m ² por alumno)
ICCP	1.011	25.275 m ²
IG	202	5.050 m ²
ITOP	973	24.325 m ²
Máster	240	6.000 m ²
Doctorado	336	8.400 m ²
Total	2.762	69.050 m²

Tabla 24. Superficie total para el nuevo campus de Ingeniería Civil.

Esta superficie, que se ha obtenido a partir de un cociente superficie/alumno específico, debería ser suficiente para albergar todas las instalaciones y servicios (despachos, biblioteca, aulas, laboratorios, zona aparcamiento, residencia estudiantes, zona ajardinada, gimnasio, zona comercial, etc.) necesarias del nuevo campus.

Para el caso de las plazas de aparcamiento, Tabla 25, se ha supuesto una superficie de 23 m² por plaza ya que se ha considerado un parking en superficie, y los usuarios que van a tener acceso a las plazas de aparcamiento se supondrá según la fórmula: (PDI+PAS+20% Doctorandos) = 300 plazas, es decir, de unos 6.900 m². En caso de realizar un aparcamiento subterráneo o en altura, esta superficie aumentaría a 29 m²/plaza debido a la presencia de la estructura, rampas, escaleras, etc.

Usuarios		Superficie global (23m ² por usuario)
PAS	43	989 m ²
PDI	189	4.347 m ²
20% Doctorandos	68	1.564 m ²
Total	300	6.900 m²

Tabla 25. Superficie total para el aparcamiento en el nuevo campus de Ingeniería Civil.

La superficie actual y futura que se muestra en la Tabla 22 es únicamente la superficie que se ha analizado desde un punto de vista funcional y útil (superficie neta). No obstante, existen otras áreas que actualmente forman parte de la ETSICCPB (compartidas con el resto del campus) y que se recogen, con su superficie global aproximada, en la Tabla 27. Bajo el concepto de “Otras áreas” se engloban espacios de difícil clasificación por escuelas como lo es la zona correspondiente a gimnasio, zona comercial, servicios médicos, biblioteca, residencia, etc. ya

que son zonas o servicios que no dependen linealmente con el número de estudiantes (en ocasiones no exclusivos y de acceso público a otros usuarios ajenos a la universidad) y no ligados a ninguna escuela en especial. Es evidente que hay que tener en consideración estas áreas para un nuevo campus y como superficie también necesaria. Se muestra en la Tabla 27 el valor esperado, y a muy grandes trazos, de las superficies de estos espacios.

A modo de ejemplo se muestra en la Tabla 26 algunos espacios correspondientes a concesiones externas del Campus Nord (compartido entre las escuelas de Caminos, Canales y Puertos, de Ingeniería de Telecomunicaciones y de Facultad de Informática).

ASIGNACIÓN	TIPO DE ESPACIO	Total [m ²]
Concesiones Externas	Almacenes	3,04
	Concesiones de restauración	2.292,67
	Concesiones de reprografía	390,09
	Concesiones de librerías/papelerías	655,94
	Concesiones diversas	857,75
	Centros de asistencia médica	203,68
	Residencias universitarias	3.256,91
	Zonas de paso en concesiones	1.082,92
	Concesiones vinculadas a convenios específicos	1.575,2
Total Concesiones externas		10.318,2

Tabla 26. Superficie de concesiones externas del campus norte.

Para los cálculos aproximados una superficie correspondiente a “Otras áreas” se ha estimado un valor 17.500 m², dado que deben incluirse además las superficies debidas a otros servicios como por ejemplo el gimnasio, biblioteca.

En cuanto a las zonas ajardinadas y peatonales (Tabla 27) se ha definido un factor de crecimiento muy parecido al que tiene en la actualidad la escuela que es de un 65.7% ya que el nuevo campus debiera disponer de la misma proporción de zona verde y peatonal que el actual campus.

Zona	Sup. Actual [m ²]	% Actual (respecto el Subtotal)	% Actual (Total Final)	Sup. Futura [m ²]	% Total Futuro	Factor de crecimiento
-Aparcamiento de coches	2.700	12,0%	6,8%	6.900	10%	2,56
-Zona ajardinada y peatonal	9.700	43,1%	24,3%	16.000	23,18%	1,65
-Edificaciones de docencia, investigación y transferencia de conocimiento	10.100	44,9%	25,3%	28.600	41,45%	2,83
(Subtotal)	22.500	100,0%	56,4%	51.500	74,64 %	2,29
-Otras áreas (gimnasio, comercios, zonas de paso y biblioteca, etc.)	17.500	77,8%	43,6%	17.500	25,36%	1,00
TOTAL	40.000	177,8%	100%	69.000	100%	1,73

Tabla 27. Resumen general de los espacios, actuales y previstos, de la ETSICCPB.

Considerando una altura media de las edificaciones docentes previstas igual a la altura media actual (2,3 plantas) resulta una superficie, en planta, de afectación global de dichas edificaciones de, aproximadamente, 16.802 m² (38.646,32m²/2,3plantas). Pero, teniendo en cuenta que es precisamente esta área la más susceptible de crecimiento (como consecuencia del presente estudio, puesto que son necesarios nuevos espacios) y precisamente también debido a que la mayor parte de estos espacios son de laboratorio (con infraestructuras quizá sin plantas, diáfanas, tipo nave industrial o incluso al descubierto), no se ha fijado el baremo de plantas medio. Por contra, sí que se ha fijado el espacio correspondiente a “Otras áreas” dado que actualmente están contempladas para un número mayor de usuarios que el propio de la ETSICCPB y que, de este modo, se adapta mejor a previsiones de futuro y crecimiento. Una vez encontrado el nuevo valor (en un campus teórico de 69.000m²) de superficies docentes global (28.600 m²), y considerando la superficie restante respecto al total supuesto (de 38.646,32 m²), resulta que la nueva altura media de dichas edificaciones es (38.646,32/28.600= 1.35 plantas).

También se ha considerado que el espacio correspondiente a “Zonas ajardinadas y peatonales” (pertenecientes a la superficie de la ETSICCPB) responde, en previsión, a un porcentaje respecto a la superficie total, ya sea la actual o la futura (de valor 23,18%) muy parecido al porcentaje actual de 24,3%.

Cabe especificar que, el espacio actual debido al edificio de la biblioteca (Gabriel Ferraté), y que no se ha considerado en los cálculos de espacio global de la Escuela actual, se considera en los cálculos de la Tabla 27 como “Otras áreas”, y teniendo en cuenta su superficie de afectación global dentro del campus (de unos 1.700 m² frente a sus 3.480 m² netos). Lo mismo ocurre con el edificio Nexus (que en el futuro campus albergará el CIMNE, CIIRC, etc.) que no se ha considerado en la Tabla 22 y en cambio si está presente bajo el concepto de “Otras áreas” (Tabla 26).

También, las zonas de paso y ajardinadas que se consideran en las otras áreas corresponden (independientemente de las zonas ajardinadas y peatonales analizadas, y que configuran las limitaciones entre edificaciones docentes), a las zonas de interacción entre los espacios considerados como “Otras áreas” propiamente (gimnasio, residencia, comercios, etc.).

5.4. Posible distribución de espacios.

En las Fig.32 y 33 se muestra una posible distribución de los edificios a modo de proyecto preliminar (y según los espacios obtenidos en la Tabla 27) en un emplazamiento genérico.

La disposición gráfica se ha hecho en base a los edificios principales y a los departamentos de la Escuela. Debe recordarse, de nuevo, que el resumen de nuevos espacios propuestos (Tabla 27) es aproximado y a muy grandes trazos; y debe tenerse en cuenta únicamente a modo de distribución somera de los espacios requeridos. Estos son muy susceptibles de cambio dado que, en la posible situación final de proyecto, varios espacios pueden coincidir en planta (aparcamientos soterrados, mayor número de plantas en las edificaciones docentes, etc.). Del mismo modo, aunque en menor grado, los nuevos espacios propuestos en la Tabla 22 también pueden ser susceptibles de cambios, aunque su afectación global es previsiblemente mucho menos importante. El plano general especifica la ubicación, con carácter abierto para su posible crecimiento, de la zona de laboratorios (de los que únicamente se muestra los que necesitan mayores instalaciones).

La primera situación representada (Fig.32) respeta la superficie global total del emplazamiento (según la escala del dibujo) que es de unos 69.000 m². Se han considerado edificaciones con un número de plantas igual al resultante del análisis final, muy parecido al actual. La segunda situación (Fig.33) es bastante menor en superficie global (unos 40.000m²) que la anterior. En

esta segunda opción no se han considerado instalaciones deportivas y el aparcamiento se supone, al menos en una parte bastante significativa, según una edificación de varias plantas. También, las edificaciones debidas a los departamentos se han supuesto unidas según una edificación general con las divisiones pertinentes en su interior. Este nuevo prediseño también contempla una zona de posible crecimiento de los laboratorios y ciertos servicios (instalaciones de aprovisionamiento) se suponen integradas en otras edificaciones.

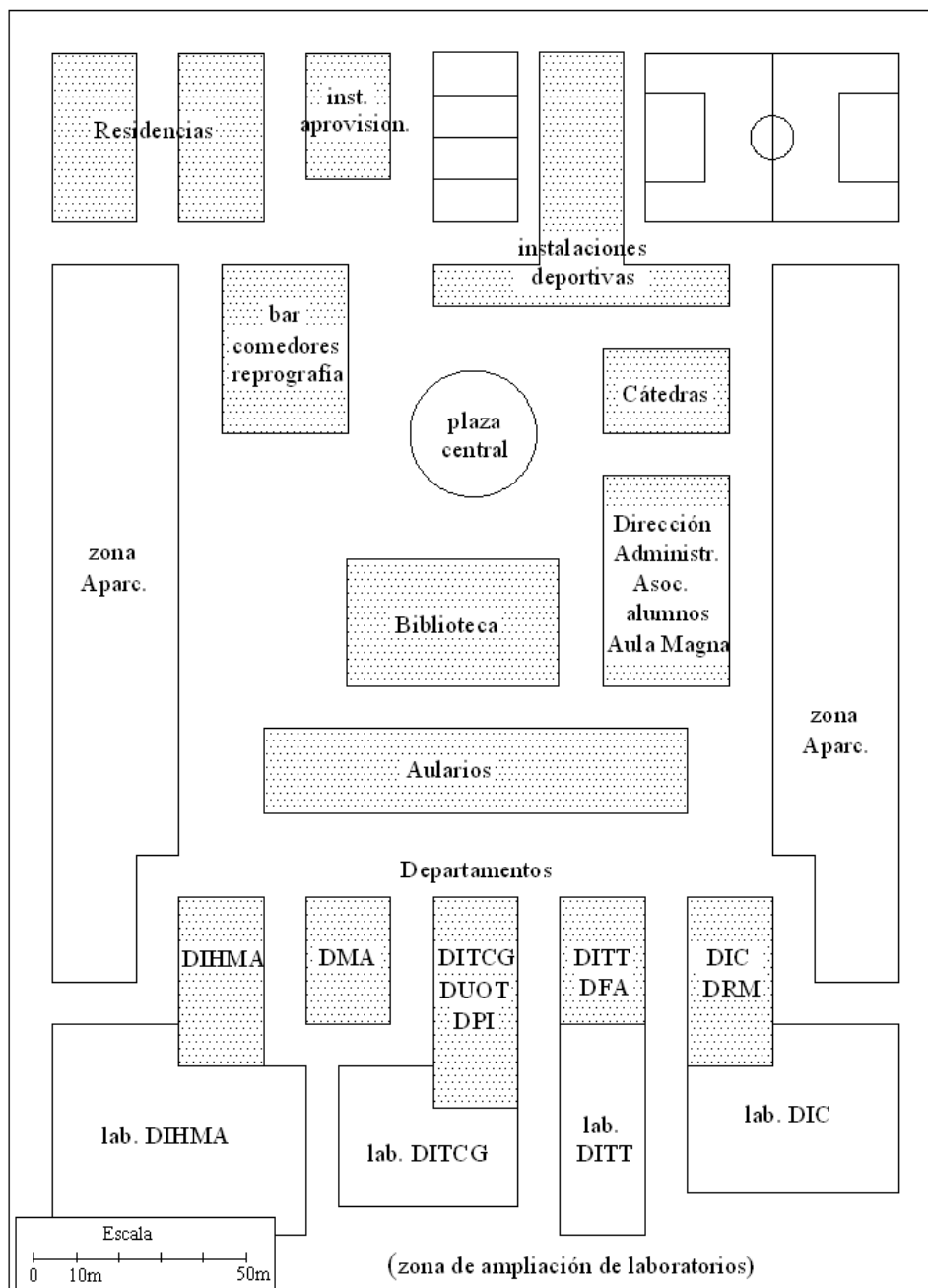


Figura 32. Distribución de espacios para un nuevo campus de Ingeniería Civil para 69.000m² totales.

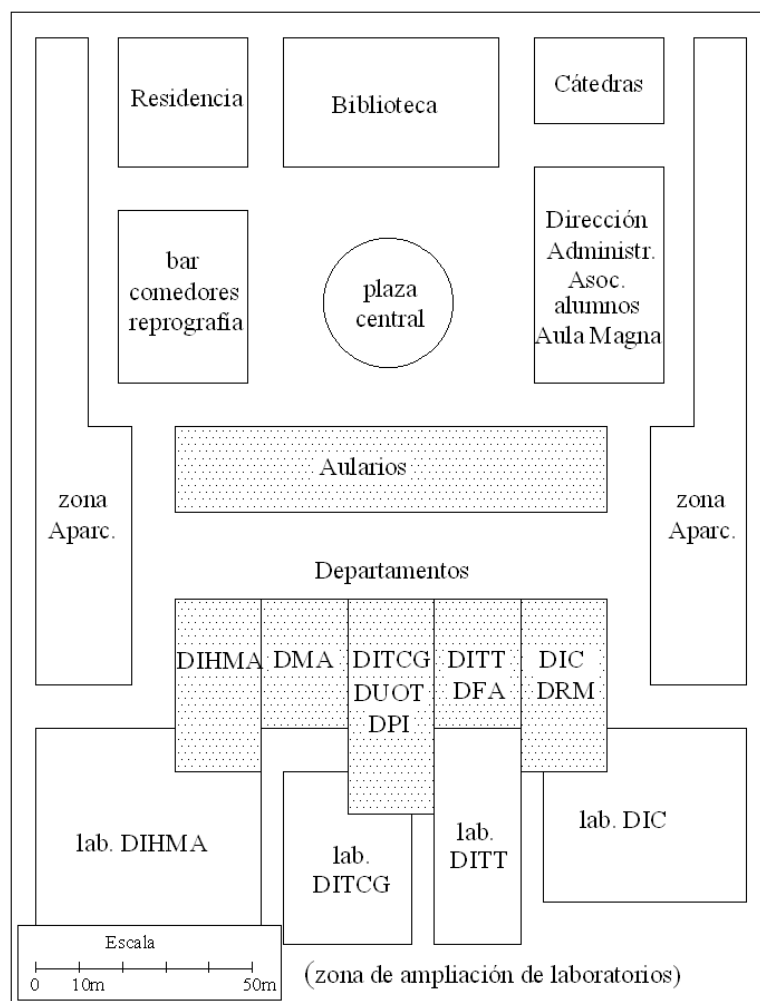
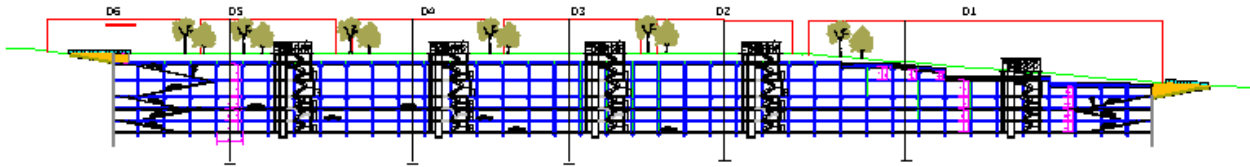


Figura 33. Distribución de espacios para un nuevo campus de Ingeniería Civil para 40.000m² totales.

Estas dos propuestas que acabamos de comentar se basan en el diseño de un nuevo campus en un solar idealizado. En el caso que no sea posible trasladar todo el campus se ha planteado en la Fig.34 una solución de ampliación del actual campus. Esta solución consiste en la construcción de un edificio subterráneo de 5 plantas en el actual aparcamiento en superficie paralelo a la C/Sor Eulalia d'Anzizu. A continuación se muestra un pequeño resumen de capacidades:

- La planta primera estará conectada con la planta baja de cada módulo “D” existente y será empleada como despachos, oficinas con una superficie aproximada construida de 4.300m² (3.656m² útiles) y 194 puestos de trabajo
- La segunda planta será destinada a uso de laboratorio y tendrá una superficie aproximada construida 5.400m² (4.732m² útiles)
- La tercera, cuarta y quinta se empleará como zona de aparcamiento con un total de 505 plazas y superficie aproximada construida y útil de 5.400m²/planta.

Sección longitudinal



Sección transversal

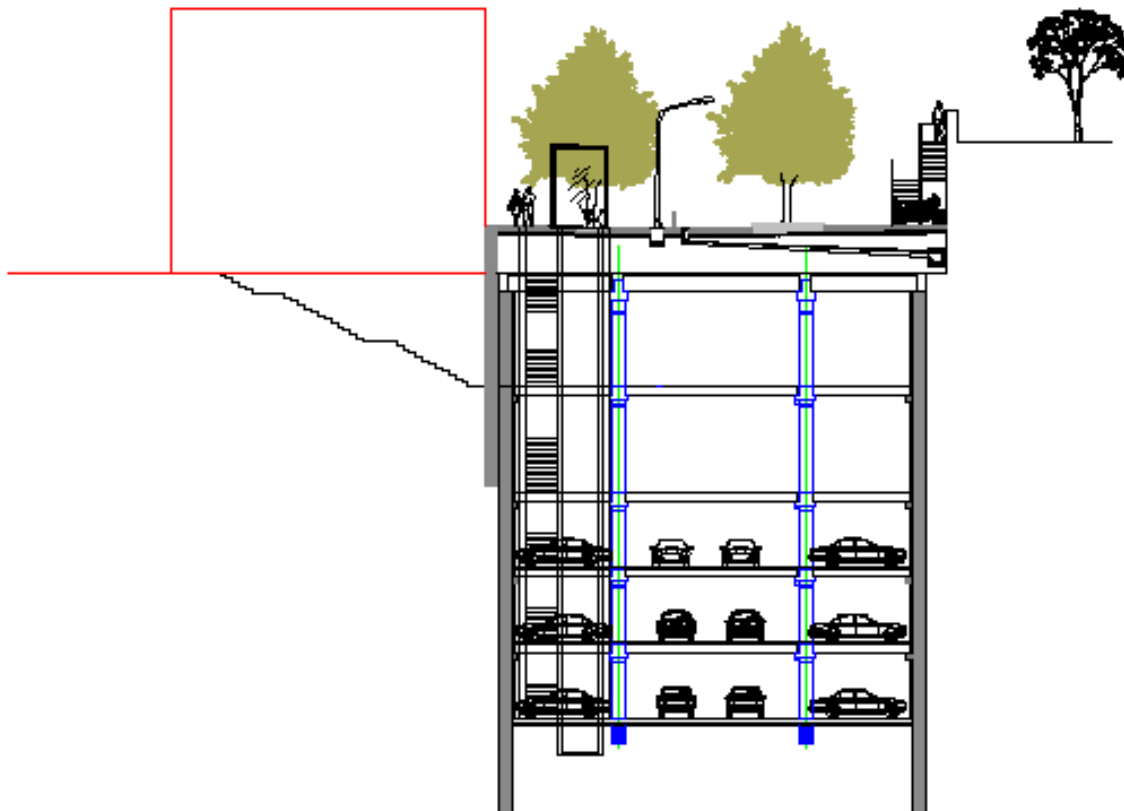


Figura 34. Ampliación de las instalaciones bajo el aparcamiento actual paralelo a la C/Sor Eulalia d'Anzizu

Una opción a tener en cuenta sería la de reubicar las 3 escuelas considerando la repartición entre otros emplazamientos disponibles (como por ejemplo el Campus Sud, Campus del Baix Llobregat integrado en el Parc Mediterrani de la Tecnologia,), quedando el Campus Nord exclusivo de la ETSICCPB.

6. CONCLUSIONES

El objetivo de esta tesina es dar a conocer la situación actual en la que se encuentra, en líneas generales, la infraestructura de la escuela de formación de ingenieros civiles de Barcelona.

Se puede comprobar, Tabla 22, que hay áreas de trabajo importantes por ejemplo los despachos, que, bajo criterios de espacio necesario, están del orden de una tercera parte por debajo de la superficie mínima. La situación de los laboratorios no es mejor y presentan un claro déficit respecto a la superficie que debería tener dado el peso específico que tienen en una escuela científico-técnica importante como lo es la de Barcelona.

A modo de buscar indicativos crecientes de actividad, la evolución del número de tesis dirigidas en la Escuela, por ejemplo, ha aumentado en más de un 100% respecto al curso 1993-1994. Esto indica que la investigación/producción de la Escuela está creciendo a un ritmo muy elevado y pone de manifiesto la necesidad de adaptación de las actuales infraestructuras para afrontar la demanda tanto actual como en previsión de futuro.

Las publicaciones, otro parámetro objetivo que indica claramente el crecimiento productivo de una escuela, también reafirman que las conclusiones a las que se está llegando son ciertas. En el balance global se ha pasado de 1.158 publicaciones en el curso 2004-2005 a 1.557 publicaciones en el curso 2007-2008. Esto implica nuevamente un crecimiento del 34.46% en los 4 años.

Los ingresos gestionados por el CTT pasaron de 3.619.378€ en el año 1996 a un total de 8.394.084,06€ en el año 2008. Esto implica un aumento de más del 130%. Este parámetro también indica el aumento que está teniendo la Escuela en producción ya que gestiona más recursos económicos.

Por último y no menos importante, la evolución de los proyectos firmados en la Escuela también ha aumentado. En el año 2001 se firmaron un total de 86 proyectos mientras que en el 2008 se firmaron 130, es decir un incremento de más del 51% lo cual reafirma una línea positiva de producción.

La Ingeniería Civil, tal y como se ha explicado a lo largo del documento, tiene unos antecedentes muy importantes en el desarrollo de la sociedad, y parece claro que su papel seguirá siendo fundamental de cara a adaptar dicho desarrollo bajo criterios de sostenibilidad. Así pues, es lógico pensar que esta disciplina, base de la transformación racional del medio, debe merecer suficientes facilidades e inversiones para hacerla lo más competente posible.

La alta reputación de la ETSICCPB es actualmente muy valorada, no solamente dentro de la delimitación autonómica catalana, sino también en referencia al territorio nacional e internacional. No obstante, esta reputación puede estar siendo afectada por el estancamiento que está presentado la Escuela, por motivos de falta de espacios, en líneas de investigación (laboratorios y despachos), en comparación con otras escuelas.

A modo de explicación, los espacios actuales (y prácticamente el completo de las instalaciones) son los mismos desde que la Escuela se trasladó donde está hoy en día (y debido a una falta de espacios en su momento). Desde entonces, la Escuela, como institución, no ha parado de trabajar y crecer, tanto en formación como en investigación e innovación, tratando de dar cada vez el servicio más actualizado y adaptándose a las necesidades; pero dicho crecimiento interno (por ejemplo de 1.300 a 2.200 alumnos de crecimiento en 20 años bajo las mismas edificaciones o que actualmente los estudiantes de tercer ciclo representan el 21% no contemplados en los 2.200 citados anteriormente) no se ha visto acompañado con nuevas y suficientes inversiones en infraestructura.

El balance en cuanto a espacios es claramente negativo y es necesario actuar a fin de poder conseguir los espacios e infraestructuras que permitan desarrollar la actividad de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona con estándares de calidad para, de este modo, poder mantener la Escuela como referente tanto a nivel nacional como internacional.

7. REFERENCIAS

- **CECCPC-GECDIS.** *Sostenibilidad e Ingeniería Civil. Ciclo de conferencias del 2008.* Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Catalunya – Grup d'Enginyeria Civil, Desenvolupament i Sostenibilitat. Barcelona. **2008.**
- **CICCP.** *Catálogo de la exposición Ildelfonso Cerdá 1876-1976.* Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. **1976.**
- **CICCP.** *Web del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos (www.ciccp.es).* **2009.**
- **CITOP.** *Web del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas (www.citop.es).* **2009.**
- **ETSICCPB.** *Informe anual de la evolución de los convenios de cooperación educativa.* Área de Soporte Institucional. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. **2008.**
- **ETSICCPB.** *Informe anual de movilidad internacional.* Área de Soporte Institucional. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. **2009.**
- **ETSICCPB.** *Web y dossier electrónico de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona (www-camins.upc.es).* **2006-2009.**
- **Fernández, R.** *El sector del cemento contribuye a disminuir el impacto medioambiental.* Agrupación de fabricantes de cemento de España (Oficemen). Jornadas sobre “Infraestructuras y Construcción para un Desarrollo Sostenible en el siglo XXI”, Bilbao. **2003.**
- **IEC.** *Reportes de la investigación en Cataluña 1996-2002. Ingeniería Civil e Ingeniería de la Construcción por Ramon Casas.* Instituto de Estudios Catalanes, Barcelona. **2003.**
- **ICC.** *Web del Instituto Cartográfico de Cataluña (www.icc.es).* **2009.**
- **INDESCAT.** www.indecat.cat. Instituto de estadística de Cataluña. **2010**
- **INE-CRE.** *Contabilidad Regional de España base 2000 (CRE-2000).* Instituto Nacional de Estadística (www.ine.es). **2008.**
- **INE.** *Instituto Nacional de Estadística.* Notas de prensa. **2009**
- **IPPC.** *Intergovernmental Panel on Climate Change.* **2007**
- **Josa et al.** *Construcción y medio ambiente; evaluación ambiental de productos derivados del cemento.* Cemento Hormigón, revista técnica nº 827-8, Madrid. **2001.**
- **Lipovetsky, G.** *El crepúsculo del deber.* Ed. Anagrama, Barcelona. **1992.**
- **MANUAL DE QUALITAT.** www-camins.upc.edu. Manual de Qualitat de la ETSICCPB. **2009**
- **Neufert, P.** *El arte de proyectar en arquitectura.* Ed. Gustavo Gili, SA, Barcelona. **1999.**
- **OHL.** *Informe de resultados, primer semestre 2009.* Obrascon-Huarte-Lain (www.ohl.es), España. **2009.**
- **ONU.** *Informe Brundtland.* ONU, Nueva York. **1987.**

- **ONU.** *The Earth Summit, United Nations Conference on Environment and Development - Rio Declaration on Environment and Development.* ONU, Rio de Janeiro. **1992.**
- **PAAHC.** *Plan de aeropuertos, aeródromos y Helipuertos de Cataluña 2009-2015.* Departamento de Política Territorial y de Obras Públicas de Cataluña, ‘Generalitat de Catalunya’. **2007.**
- **PDUSC.** *Plan director urbanístico del sistema costanero.* Departamento de Política Territorial y de Obras Públicas de Cataluña, ‘Generalitat de Catalunya’. **2005.**
- **PITC.** *Plan de infraestructuras del transporte de Cataluña 2006-2026.* Departamento de Política Territorial y de Obras Públicas de Cataluña, ‘Generalitat de Catalunya’. **2006.**
- **PPC.** *Plan de puertos de Cataluña 2007-2015.* Departamento de Política Territorial y de Obras Públicas de Cataluña, ‘Generalitat de Catalunya’. **2007.**
- **PROGRAMA** *Caminos para la empresa.* Tríptico de la ETSICCPB. **2009**
- **PXMSO.** *Plan de choque de mejora de la señalización de la orientación.* Departamento de Política Territorial y de Obras Públicas de Cataluña, ‘Generalitat de Catalunya’. **2006.**
- **RAE.** *Real Academia Española.* **2010**
- **TRÍPTICO.** *Grado en: Ingeniería Civil, Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Geológica.* ETSICCPB. **2009**
- **TRÍPTICO.** *Tríptico de grupos de investigación de la ETSICCPB.* **2009**
- **UPC.** *Web de la Universidad Politécnica de Cataluña (www.upc.edu/dades).* **2010.**
- **UPC.** *Web de la biblioteca. (www.bibliotecna.upc.edu).* **2010**
- **Xercavins, J.** *¿Qué es el desarrollo sostenible?. I Jornadas: Construcción y Desarrollo Sostenible.* Barcelona, Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona. **1996.**